



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS
AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LABORATORIO DE
QUÍMICA ORGÁNICA, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA
SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de titulación para optar por el título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JOSHELYN DAMARIS CHOEZ ZAMORA

TUTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Joshelyn Damaris Choez Zamora

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, de responsabilidad de la señorita Joshelyn Damaris Choez Zamora, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de del trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Marco Chuiza

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Mario Villacrés

**MIEMBRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Joshelyn Damaris Choez Zamora soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de este trabajo le pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Joshelyn Damaris Choez Zamora

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos aquellos quienes me han acompañado y apoyado en este camino para conseguir mi título profesional.

Joshelyn.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque de alguna forma siempre está presente en mi vida guiando mi camino, acompañándome y dándome la fuerza que necesito en los momentos más difíciles.

A mis queridos padres Hector y Jenny por todo su esfuerzo, sacrificio y ayuda incondicional para conseguir mi título profesional.

A mis hermanos Cristhian, Alexander y Nardy por ser mis cómplices y por ayudarme con cada favor que yo he necesitado.

A Jimmy por ser mi fiel compañero durante todos estos años, por hacer que mis días sean más agradables y por ser parte de mi vida. Gracias todo el apoyo y comprensión brindada, de no ser por ti seguramente no lo hubiera logrado. Te amo.

A Marina por los buenos momentos compartidos, sus consejos y por ofrecerme un espacio de abrigo cuando más lo necesitaba. Gracias amiga.

A Cristina por ayudarme en las largas noches de estudio y cultivar en mi ese ánimo de aprender cada vez más.

A los ingenieros Marco Chuiza y Mario Villacrés por toda la colaboración y cooperación en la realización de este trabajo de titulación.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp.
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Justificación del proyecto	1
1.3. Línea de base del Proyecto	2
1.3.1. <i>Medición de volumen de agua residual producido en el laboratorio</i>	3
1.3.2. <i>Caracterización del agua residual del laboratorio</i>	5
1.4. Beneficiarios directos e indirectos	6
CAPÍTULO II	7
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO III.....	8
3. ESTUDIO TÉCNICO	8
3.1. Localización del proyecto	8
3.2. Ingeniería del proyecto	8
3.2.1. <i>Metodología</i>	8

3.2.1.1.	<i>Inducción</i>	8
3.2.1.2.	<i>Dedución</i>	9
3.2.1.3.	<i>Experimental</i>	9
3.2.2.	<i>Tamaño de la muestra</i>	9
3.2.3.	<i>Técnicas</i>	9
3.2.3.1.	<i>Análisis de laboratorio</i>	9
3.2.3.2.	<i>Caracterización de las muestras de agua residual del laboratorio</i>	12
3.2.3.3.	<i>Parámetros fuera de norma</i>	13
3.2.4.	<i>Métodos de tratamiento de aguas residuales</i>	13
3.2.4.1.	<i>Pretratamiento</i>	14
3.2.4.2.	<i>Tratamiento primario</i>	14
3.2.4.2.1.	<i>Coagulación y floculación</i>	14
3.2.4.2.2.	<i>Sedimentación</i>	15
3.2.4.3.	<i>Tratamiento secundario</i>	16
3.2.4.4.	<i>Tratamiento terciario</i>	16
3.2.4.4.1.	<i>Filtración con medios granulares</i>	17
3.2.5.	<i>Criterios de diseño</i>	18
3.2.5.1.	<i>Criterios de diseño para el tanque de almacenamiento y agitador</i>	18
3.2.5.2.	<i>Criterios de diseño para el sedimentador</i>	22
3.2.5.3.	<i>Criterios de diseño para el sistema de filtración</i>	24
3.2.6.	<i>Cálculos y resultados</i>	27
3.2.6.1.	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	27
3.2.6.2.	<i>Sistema de filtración con zeolita</i>	34
3.2.6.3.	<i>Cálculos para el dimensionamiento del sistema de tratamiento</i>	35
3.2.6.3.1.	<i>Tanque de almacenamiento y agitador</i>	35
3.2.6.3.2.	<i>Sistema de sedimentación</i>	40
3.2.6.3.3.	<i>Sistema de filtración</i>	41

3.2.6.4.	<i>Resultados del dimensionamiento de los sistemas</i>	42
3.2.6.5.	<i>Discusión</i>	44
3.2.6.6.	<i>Conclusiones</i>	45
3.2.6.7.	<i>Recomendaciones</i>	45
3.3.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i>	46
3.4.	Presupuesto para el diseño del sistema	47
3.5.	Cronograma de ejecución del proyecto	48

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

h_{cd}	Altura de la cámara de drenaje
h_s	Altura de seguridad del tanque agitador
h_b	Altura del borde libre en el filtro
h_2	Altura del cilindro en la unidad de sedimentación
h_1	Altura del cono en la unidad de sedimentación
h_f	Altura del filtro
H	Altura del líquido
h	Altura del rodete sobre el fondo del tanque
h_t	Altura del tanque
h_{ta}	Altura total del tanque agitador
W	Ancho de las paletas
e	Ancho de las placas deflectoras
a_f	Ancho del filtro
C_1	Concentración de la solución patrón de cal
C_3	Concentración de la solución patrón de PAC
X_1	Concentración del contaminante en el afluente
X_2	Concentración del contaminante en el efluente
C_2	Concentración final (dosis óptima de cal)
C_4	Concentración final (dosis óptima de PAC)
K_T	Constante de agitación para impulsor de seis paletas planas
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
δ	Densidad del fluido
d	Diámetro del agitador
s	Diámetro del sujetador de paletas
D_t	Diámetro del tanque
e_1, e_2, e_3, e_4	Espesores de los medios granulares
f_s	Factor de seguridad
B	Longitud de las palas del rodete
ppm	Partes por millón
Θ	Pendiente de la zona de recolección de lodos

PAC	Policloruro de aluminio
%Re	Porcentaje de remoción del contaminante
P	Potencia del motor
r	Radio del tanque
r₁	Radio inferior del cono en la unidad de sedimentación
R	Radio superior del cono; también corresponde al radio del cilindro en la unidad de sedimentación
rpm	Revoluciones por minuto
UTM	Sistema de coordenadas (Universal Transversal de Mercator)
SAAM	Sustancias Activas al Azul de Metileno
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
UNT	Unidades Nefelométrías de Turbidez
pH_f	Valor de pH de la muestra después del ajuste con solución de cal
pH_i	Valor de pH de la muestra inicial
pH_t	Valor de pH de la muestra una vez realizado el tratamiento con PAC
N	Velocidad de rotación
V₂	Volumen de agua residual
V_m	Volumen de agua residual semanal máximo producido en el laboratorio
V_d	Volumen de diseño del tanque
V₁	Volumen de solución patrón de cal
V₃	Volumen de solución patrón de PAC
V_{sc}	Volumen de total del sedimentador circular
V_s	Volumen del cilindro en la unidad de sedimentación
V_c	Volumen del cono en la unidad de sedimentación

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Corrosión de alcantarillas.....	11
Gráfico 2-3	Sistema de compensación	14
Gráfico 3-3	Diagrama de sistema de filtración con medios múltiples	17
Gráfico 4-3	Dimensiones de un agitador	20
Gráfico 5-3	Dimensiones del sedimentador circular.	23
Gráfico 6-3	Dimensiones del sistema de filtración	26
Gráfico 7-3	Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 1	29
Gráfico 8-3	Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 2	29
Gráfico 9-3	Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 3	30
Gráfico 10-3	Determinación de la dosis óptima de PAC en la muestra 1	32
Gráfico 11-3	Determinación de la dosis óptima de PAC en la muestra 2	32
Gráfico 12-3	Determinación de la dosis óptima de cal PAC en la muestra 3.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Volúmenes de agua residual registrado en la semana 1	3
Tabla 2-1	Volúmenes de agua residual registrado en la semana 2	4
Tabla 3-1	Volúmenes de agua residual registrado en la semana 3	4
Tabla 4-1	Resultados de la caracterización inicial de agua con residuos contaminantes.	5
Tabla 5-3	Ubicación del laboratorio de Química Orgánica	8
Tabla 6-3	Caracterización físico-química de las muestras de agua residual	12
Tabla 7-3	Parámetros fuera de norma en las muestras de agua residual	13
Tabla 8-3	Comparación de características básicas entre sulfato de aluminio y policloruro de aluminio	15
Tabla 9-3	Tipos de sedimentación	16
Tabla 10-3	Criterios de diseño de un agitador de 6 paletas.....	20
Tabla 11-3	Constantes K_T para el cálculo de potencia, régimen turbulento	22
Tabla 12-3	Criterios de diseño de un sistema de filtración	24
Tabla 13-3	Dosis de cal aplicada para ajuste de pH en las muestras.....	27
Tabla 14-3	Dosis de coagulante aplicado en las muestras	30
Tabla 15-3	Resultados de la tratabilidad con PAC	33
Tabla 16-3	Resultados de la filtración con zeolita.....	34
Tabla 17-3	Porcentajes de remoción para todas las muestras	35
Tabla 18-3	Disposición de los medios filtrantes	42
Tabla 19-3	Resumen de dimensiones del tanque de almacenamiento y agitador	42
Tabla 20-3	Resumen de dimensiones del tanque de sedimentación.....	43
Tabla 21-3	Resumen de dimensiones de la unidad de filtración	43
Tabla 22-3	Nuevos parámetros de diseño calculados	44
Tabla 23-3	Principales requerimientos de técnicas y equipos para el proyecto	46
Tabla 24-3	Costos de construcción de instalaciones y equipo	47
Tabla 25-3	Costos de reactivos para la tratabilidad	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A TULSMA, Libro VI, Anexo 1, referente a Normas de Recurso Agua, Tabla 9 Límites de descargas al sistema de alcantarillado público.

ANEXO B Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.

ANEXO C Caracterización de la muestra 1

ANEXO D Caracterización de la muestra 2

ANEXO E Caracterización de la muestra 3

ANEXO F Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 1

ANEXO G Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 2

ANEXO H Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 3

ANEXO I Resultados de la filtración de la muestra 1

ANEXO J Resultados de la filtración de la muestra 2

ANEXO K Resultados de la filtración de la muestra 3

ANEXO L Muestra de validación

ANEXO M Plano de implantación

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para esto se realizó la caracterización de diferentes muestras de agua residual y se determinó que los parámetros que no cumplían con la norma del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, referente a Normas de Recurso Agua, Tabla 9: Límites de descargas al sistema de alcantarillado público fueron: cloro libre, sulfuros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sulfatos y tensoactivos. Se procedió a realizar las pruebas de tratabilidad usando cal para ajustar el pH y policloruro de aluminio como coagulante siendo las dosis óptimas obtenidas de 500 ppm de cal y de 1 000 ppm de policloruro de aluminio con las que se logró que los parámetros fisicoquímicos del agua residual se reduzcan a niveles permitidos por la norma correspondiente. Los porcentajes de remoción obtenidos al aplicar este tratamiento fueron: 80% de remoción de cloro libre, 90% de remoción de sulfuros, 60,99% de remoción de DBO₅, 51,71% de remoción de DQO, 71,14% de remoción de sulfatos y el 57,67% de remoción de tensoactivos. Se concluye que el sistema de tratamiento a implementar constará de las siguientes etapas: almacenamiento y agitación, sedimentación y filtración. Se recomienda la aplicación de la propuesta de diseño del sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias para que la descarga de sus aguas residuales al sistema de alcantarillado sea dentro de los límites permitidos.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <AGUA RESIDUAL DE LABORATORIO>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO>, <DETERGENTES>, <POLICLORURO DE ALUMINIO>, <ZEOLITA>, <CAL>, <REACTIVOS QUÍMICOS>.

SUMMARY

A treatment system for wastewater was designed from the Organic Chemistry Laboratory of the Faculty of Sciences of the Polytechnic Higher School of Chimborazo. For this, the characterization of different wastewater samples was carried out and it was determined that the parameters that did not comply with the standard of the Secondary Legislation of the Environment (TULSMA), Book VI, Annex 1, concerning standards of Water Resources: Table 9: limits for discharges to the public sewage system were: free chlorine, sulfides, Biochemical Oxygen Demand (DBO_5), Chemical Oxygen Demand (DQO), Sulfates and Surfactants. Treatability tests were carried out using lime to adjust the pH and aluminum polychloride as a coagulant, with the optimum doses obtained being 500 ppm of lime and 1 000 ppm of polyvinyl chloride with which the physicochemical parameters of residual water are reduced to levels allowed by the corresponding standard. The percentages of removal obtained when applying this treatment were: 80% free chlorine removal, 90% sulfur removal, 60.99% removal DBO_5 , 51.71% removal DQO, 71.14% removal of sulfates and 57.67% removal of surfactants. It is concluded that the treatment system to be implemented will consist of the following stages: Storage and agitation, sedimentation and filtration. It is recommended to apply the design proposal of the treatment system for wastewater from the Organic Chemistry Laboratory of the Faculty of Sciences; so that, the discharge of its wastewater to the sewerage system is within the limits allowed.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <CHEMICAL ENGINEERING>, <LABORATORY RESIDUAL WATER>, <TREATMENT SYSTEM>, <DETERGENTS>, <ALUMINUM POLYCHLORIDE>, <ZEOLITE>, <LIME>, <CHEMICAL REAGENTS>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

El laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es utilizado por estudiantes y docentes. En este laboratorio se realizan prácticas correspondientes a las cátedras de Química Orgánica I y II, Química Orgánica Industrial y Biotecnología Ambiental. Sus instalaciones ocupan una superficie de 133 m². En la actualidad se disponen los residuos químicos generados en la realización de las prácticas de laboratorio sin someterlos a ningún tipo de tratamiento.

La mezcla de los diferentes reactivos químicos utilizados en el laboratorio de tipo sólido, líquido, disoluciones preparadas o compuestos que han sido sintetizados, no son dispuestos correctamente según lo establecido en manuales de gestión de manejo de residuos en los laboratorios; por el contrario, todos ellos una vez cumplido su fin son desechados directamente al sistema de alcantarillado junto con una excesiva cantidad de agua usada para el lavado de equipos y materiales.

Las malas disposiciones de los residuos unido al uso excesivo de detergente constituyen el problema más grave de este laboratorio. Los detergentes tienen entre sus principales componentes fosfatos (favorece la eutrofización), blanqueadores (el más común es el hipoclorito que aumenta la presencia de cloro residual), abrillantadores ópticos (tinturas que le dan a la ropa la apariencia de limpieza), agentes espumantes (provocan sedimentan lenta y la formación de espumas) y enzimas activas (atacan sustratos orgánicos proteicos específicos necesarios para las bacterias).

1.2. Justificación del proyecto

El agua es un recurso renovable muy importante que forma parte de la vida misma, pues todos los seres vivos sin excepción la tienen presente en su composición y la usan y consumen en su diario vivir.

Generalmente las aguas residuales sin tratamiento no son utilizables pues ocasionan problemas ambientales. Una manera segura de evitar y solucionar la mayor parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales es a través de la aplicación de tratamientos sean estos físicos, químicos o biológicos que permitan que sus características previas a su disposición estén ajustadas a parámetros permisibles.

En nuestro país, la autoridad ambiental demanda que el agua de los procesos sea tratada adecuadamente ya sea esta de tipo doméstica, industrial o producto de cualquier actividad para de esta forma reducir el daño a la salud y al ambiente. En el laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias no se realiza el tratamiento de las aguas residuales que se generan en él, sino que son depositadas directamente al sistema de alcantarillado.

Por lo expuesto se justifica proponer el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO” para cumplir con los requisitos establecidos en el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

1.3. Línea de base del Proyecto

Es el diagnóstico inicial acerca del lugar donde se pretende realizar el proyecto, de esta forma se puede indicar el estado de un sistema en un momento particular antes de que se produzca un cambio posterior. Se trata de establecer las condiciones en un momento de la investigación y dentro de un espacio el cual puede verse influenciado por las actividades que en este se realicen.

El objetivo de realizar un diagnóstico actual de las condiciones del laboratorio de Química Orgánica es tener una idea de los problemas que existen, así como el clasificar y definir sus causas; además podremos establecer su posible eliminación y encausar el buen funcionamiento del laboratorio.

Sin lugar a dudas el problema más grave del laboratorio se deriva de los negligentes procedimientos de descarte de los residuos líquidos y sólidos producidos por la realización de los ensayos; todos son desechados directamente en los lavaderos y van al alcantarillado junto con el agua residual y aunado a esto está el hecho que se utilizan grandes cantidades de agua y detergentes para el lavado de materiales de laboratorio.

1.3.1. Medición de volumen de agua residual producido en el laboratorio

El efluente producido en el laboratorio es mínimo, debido a ello se optó por determinar el volumen de agua generada por práctica de laboratorio y hacer una estimación semanal durante un periodo de 3 semanas.

Para ello, se midió las variaciones de nivel de una cubeta de dimensiones conocidas (30 cm x 30 cm) y se procedió a hacer el cálculo para el número de lavaderos que se encontraban en uso. Como dato adicional se registró los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio.

Tabla 1-1 Volúmenes de agua residual registrado en la semana 1

Fecha	Nº Práctica	Lavaderos utilizados	h [cm]	Volumen total [L]	Reactivos utilizados
02-May-2016					No se realizó laboratorio
03-May-2016					No se realizó laboratorio
04-May-2016	1	1	13	11,70	Ácido benzoico/cal sodada/acetato de calcio
04-May-2016	2	2	10,50	18,90	Ácido benzoico/cal sodada/acetato de calcio
04-May-2016	3	2	11	19,80	Hexano/Benceno/Etanol/KMNO ₄ /Gasolina/Lugol/H ₂ SO ₄ /HNO ₃ /Parafina
05-May-2016	4	5	9,20	41,40	Ácido benzoico/cal sodada/acetato de calcio
06-May-2016	5	8	16,30	117,36	Vino
			Volumen semanal	209,16	L

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Tabla 2-1 Volúmenes de agua residual registrado en la semana 2

Fecha	Nº Práctica	Lavaderos utilizados	h [cm]	Volumen total [L]	Reactivos utilizados
09-May-2016	1	3	9,20	24,84	HCl/Alcohol ter-amílico/Bicarbonato de sodio/Sulfato de magnesio.5H ₂ O
09-May-2016	2	5	17,90	80,55	Vino/Ácido benzoico
09-May-2016	3	2	8,20	14,76	Petróleo
10-May-2016	4	3	8,50	22,95	2-naftol/NaOH/Ácido sulfanílico/NaNO ₃ /NaCl/Na ₂ SO ₄ /Ácido acético
11-May-2016	5	2	11	19,80	Petróleo/Hojas de eucalipto
11-May-2016	6	2	16,20	29,16	2-naftol/NaOH/Ácido sulfanílico/NaNO ₃ /NaCl/Na ₂ SO ₄ /Ácido acético/Bicarbonato de sodio
12-May-2016					No se realizó laboratorio
13-May-2016	7	4	16,10	57,96	HCl/Alcohol ter-amílico/Bicarbonato de sodio/Sulfato de magnesio.5H ₂ O
				Volumen semanal	250,02 L

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Tabla 3-1 Volúmenes de agua residual registrado en la semana 3

Fecha	Nº Práctica	Lavaderos utilizados	h [cm]	Volumen total [L]	Reactivos utilizados
30-May-2016	1	4	11,80	42,48	Etanol/2-Propanol/Alcohol t-amílico/Reactivo de Lucas/KMnO ₄ /Ácido sulfúrico/Dicromato de potasio/Bórax/ Ácido acético/NaCl
31-May-2016	2	2	5,80	10,44	Benzaldehído/ Cianuro de sodio/ Éter di etílico/ Hidróxido de potasio
01-Jun-2016					No se realizó laboratorio
02-Jun-2016	3	5	7,40	33,30	Etanol/KMnO ₄ /Ácido sulfúrico/Agua de bromo
03-Jun-2016	4	5	8,90	40,05	Etanol/2-Propanol/Alcohol t-amílico/Reactivo de Lucas/KMnO ₄ /Ácido sulfúrico/Dicromato de potasio/Bórax/ Ácido acético/NaCl
				Volumen semanal	126,27 L

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Como puede observarse la variación de volumen de agua generado es muy notoria; además se debe tener en cuenta que en todas las semanas hay por lo menos un día en el que no se realiza prácticas de laboratorio.

1.3.2. Caracterización del agua residual del laboratorio

Para evidenciar esta situación se realizó el análisis de una muestra de agua en las condiciones en la que esta es descargada al sistema de alcantarillado inicialmente (sin considerar lo establecido en manuales de manejo de residuos de laboratorio) tomando en cuenta los parámetros más importantes establecidos en el TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 9: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público y del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4-1 Resultados de la caracterización inicial de agua con residuos contaminantes.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	210
Cloro Activo	Cl	mg/L	1,43
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	1753
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	2103
Fósforo Total	P	mg/L	16,7
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	29,29
Potencial de hidrógeno	Ph		4,90
Sólidos sedimentables		mg/L	7
Sólidos totales		mg/L	5200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	510
Sulfuros	S	mg/L	10,8
Temperatura	°C		21
Tensoactivos	SAAM	mg/L	12
Turbidez		UNT	680
Sólidos disueltos		mg/L	1303
Conductividad		μSiems/cm	1680

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Como se evidencia en los resultados la carga contaminante de la muestra es elevada, por lo que para la evaluación objetiva del sistema de tratamiento que se quiere desarrollar en la parte que involucra la recolección y caracterización de las muestras se tuvo que realizar la separación de los residuos líquidos y sólidos producidos en las prácticas de laboratorio en recipientes contenedores hasta una posterior implementación de un manual de manejo de desechos de residuos de laboratorio.

1.4. Beneficiarios directos e indirectos

Considerando que las aguas residuales producidas en el laboratorio son descargadas directamente al sistema de alcantarillado, quienes obtendrían beneficio directo serian la comunidad en general de forma que no se verá afectada su salud debido a contaminantes nocivos generados en las prácticas de laboratorio. Así mismo, se disminuirán los problemas de contaminación ambiental.

La Facultad de Ciencias se beneficiaría indirectamente puesto que se encaminaría a ser gestor de sus propios residuos tanto líquidos como sólidos.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

Diseñar un Sistema de Tratamiento para las aguas residuales provenientes del laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar físico y químicamente el agua residual de acuerdo a los parámetros planteados por el TULSMA en el Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 correspondiente a Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.
- Realizar las pruebas de tratabilidad de las aguas residuales.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.
- Validar el sistema de tratamiento mediante la caracterización del agua tratada en base a los límites establecidos por el TULSMA en Libro VI, Anexo 1, Tabla 9: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto

El sistema de tratamiento estará localizado en las inmediaciones del laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

El laboratorio se encuentra en los predios de la Facultad de Ciencias en las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 5-3 Ubicación del laboratorio de Química Orgánica

X	Y
758336	9816809
758349	9816819
758371	8916812
758359	9816786

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Metodología

Para el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual se realizó la toma de muestras en los puntos donde se generan utilizando como métodos la inducción y deducción ya que fue necesario conocer e identificar los contaminantes presentes en estas aguas y así compararlos con la norma para determinar cuáles no están siendo cumplidos y poder dar el tratamiento adecuado que se ajuste a las necesidades ambientales.

3.2.1.1. Inducción

Para realizar este estudio se tomaron volúmenes de agua residual en los puntos de descarga (lavaderos). El muestreo se lo hizo diariamente tomando un volumen de 1 litro de agua residual por cada práctica de laboratorio realizada de esta forma se obtuvo finalmente una muestra compuesta

producto de las descargas diarias de toda la semana; se lo repitió en un tiempo de 3 semanas. Al hacerlo de esta forma se garantiza la homogeneidad de la muestra en su recolección puesto que existen días en los que se hacen más prácticas de laboratorio que otros; también se obtuvieron datos del volumen de agua residual producido semanalmente para posterior dimensionamiento. Además, se realizó la respectiva caracterización de las muestras obtenidas en un laboratorio especializado.

3.2.1.2. Deducción

En base a los resultados obtenidos en este estudio y a través de la planificación de un sistema de tratamiento, se dará solución al problema que se genera al descargar las aguas residuales sin ningún tratamiento directamente al alcantarillado.

3.2.1.3. Experimental

Esta parte del estudio comprende la toma de muestras de agua residual del laboratorio y la realización de sus correspondientes análisis para obtener resultados que nos ayudaran a diseñar un sistema de tratamiento adecuado que cumpla con lo establecido en el TULSMA.

3.2.2. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se obtendrá por muestras simples, se tomará un volumen de 1 litro por cada práctica de laboratorio realizada y posteriormente se colocarán en un mismo recipiente para formar una muestra compuesta; es decir la mezcla de varias alícuotas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal o volumen en el momento de la toma.(ROMERO,2000).

3.2.3. Técnicas

3.2.3.1. Análisis de laboratorio

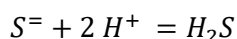
La caracterización del agua residual fue realizada en el en el Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias y en el Laboratorio de Servicios Ambientales (LSA) de la UNACH, se basó en las técnicas y procedimientos del manual de Métodos Normalizados de la APHA, AWWA, WPCF para análisis de agua potable y residual y en el manual de Métodos HACH.

Para el análisis de las muestras se tomaron en cuenta los parámetros más importantes y sus límites permisibles expresados en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 (Anexo A). Dentro de los

parámetros estudiados están Aceites y grasas, Cloro Activo, DBO₅, DQO, Fósforo Total, Nitrógeno Total, pH, Sólidos Sedimentables, Sólidos totales, Sulfatos, Sulfuros, Temperatura, Tensoactivos.

- a) Aceites y grasas: se conocen como sustancias solubles en hexano. Son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual recubriendo las superficies con las cuales entran en contacto, además causan problemas de mantenimiento e interfieren con la actividad biológica ya que son difíciles de biodegradar (ROMERO, 2000, p. 59).
- b) Cloro activo: es el remante de cloro en el agua producto de un tratamiento de cloración o por el uso de detergentes. Su carácter fuertemente oxidante es responsable de la destrucción de microorganismos. Puede reaccionar con materia orgánica dando la formación de otros compuestos (trihalometanos).
- c) DBO₅: es la cantidad de oxígeno usada por microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente 5 días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias (ROMERO, 2000, p. 38).
- d) DQO: es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas (ROMERO, 2000, p. 1042).
- e) Fósforo total: es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. Sus formas más usuales son los ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos como PO_4^{3-} , HPO_4^- , H_2PO_4^- , H_3PO_4 . Debido al indeseable crecimiento de algas que ocurren en aguas residuales existe marcado interés en removerlo de las aguas residuales (ROMERO, 2000, p. 58).
- f) Nitrógeno total: al igual que el fósforo favorece el crecimiento de algas. Las formas de interés en aguas residuales son las del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos; todas estas formas son interconvertibles bioquímicamente. Las bacterias descomponen rápidamente el nitrógeno orgánico en amoniacal y, si el medio es aerobio, en nitritos y nitratos (ROMERO, 2002, p. 61-62).
- g) pH: es la medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua. En aguas residuales que contengan concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, porque se alteran la biota de los microorganismos. A un $\text{pH} < 6$ se favorece el crecimiento de hongos sobre las bacterias. Si se tiene un pH muy bajo el poder bactericida del cloro aumenta mientras que a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es tóxica (ROMERO, 2000, p. 66).

- h) Sólidos sedimentables: son una medida del volumen de sólidos asentados al fondo de un cono Imhoff, en un periodo de una hora, y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple (ROMERO, 2002, p. 68).
- i) Sólidos totales: es el contenido de materias disueltas y suspendidas presentes en el agua, pero su resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105 °C (APHA, AWWA, WPCF, 2005).
- j) Sulfatos: en aguas residuales es un factor muy importante para la determinación de problemas que puedan surgir por olor y corrosión de alcantarillas como lo indican las siguientes ecuaciones.



- k) Sulfuros: en las alcantarillas, las bacterias reductoras utilizan el oxígeno de los sulfatos para producir ácido sulfhídrico, luego este es oxidado por películas microbiales en sulfuros o en ácido sulfúrico que causa problemas de corrosión y rotura de tubos. Por otro lado, está el hecho de que a un pH < 8 en las aguas residuales se generan malos olores por la presencia del H₂S (ROMERO, 2002, p. 69-70).

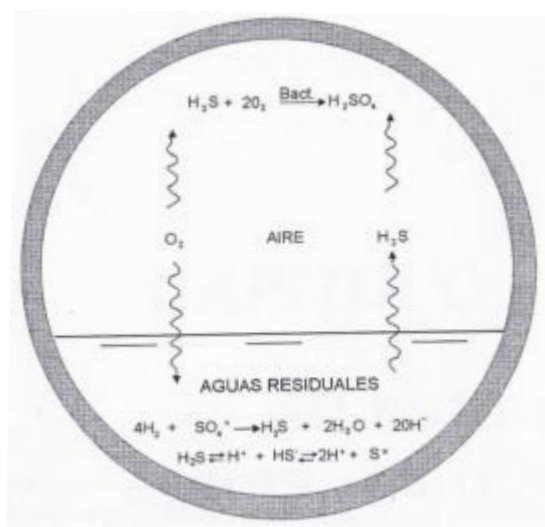


Gráfico 1-3 Corrosión de alcantarillas.

Fuente: Romero, J. Tratamiento de Aguas Residuales, (2002), p 69.

- l) Temperatura: tienen efecto sobre la calidad del agua, operaciones y procesos de tratamiento; por lo general las aguas residuales son más cálidas que otros tipos de aguas. La temperatura puede afectar la vida acuática y modificar la velocidad de las reacciones químicas y la actividad bacterial. La temperatura óptima para la actividad bacterial es de 25 a 35°C (ROMERO, 2002, p. 70).
- m) Tensoactivos: conocidos también como detergentes o surfactantes. Son sustancias activas al azul de metileno. Estos compuestos alteran la tensión superficial del agua provocando la formación de espumas estables de aire. Están formados por una parte hidrofílica (soluble) e hidrofóbica (insoluble); esta última se resiste a disolverse y puede ocasionar problemas en las operaciones y procesos de tratamiento como la sedimentación lenta y formación de espumas indeseables.

3.2.3.2. Caracterización de las muestras de agua residual del laboratorio

Una vez en el laboratorio, se determinó que a las muestras de agua residual obtenidas del laboratorio de Química Orgánica se caracterizaran bajo los parámetros más importantes detallados en el TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 9: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Los datos registrados se detallan a continuación.

Tabla 6-3 Caracterización físico-química de las muestras de agua residual

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado		
				Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	70,0	15	24	12
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5	1	1	< 0,01
Color		unit Pt Co	-----	158	446	188
Conductividad		μSiems/cm	-----	1 300	1 270	1 250
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	250,0	38	77	282
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	500,0	240	429	820
Fósforo Total	P	mg/L	15,0	1,35	2,6	1,28
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	60,0	21	< 0,01	7
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6,01	7,31	7,6
Sólidos disueltos		mg/L	-----	690	680	670
Sólidos Sedimentables		mg/L	20,0	0,5	0,4	0,1
Sólidos totales		mg/L	1 600,0	270	896	1 128

Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	400,0	490	340	440
Sulfuros	S	mg/L	1,0	8	4,8	3,2
Temperatura	°C		< 40,0	20,2	22,9	20,9
Tensoactivos	SAAM	mg/L	2	3,48	3,52	2
Turbidez		UNT	-----	20,6	46,9	30,6

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2.3.3. Parámetros fuera de norma

Finalizada la caracterización se obtuvo como resultado que algunos parámetros no cumplen con la norma utilizada para este trabajo, los mismos se detallan a continuación:

Tabla 7-3 Parámetros fuera de norma en las muestras de agua residual

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cloro Activo	mg/L	0,5	1	1	< 0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	250,0	38	77	282
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500,0	240	429	820
Sulfatos	mg/L	400,0	490	340	440
Sulfuros	mg/L	1,0	8	4,8	3,2
Tensoactivos	mg/L	2	3,48	3,52	2

Realizado por: CHOEZ J., 2016.

3.2.4. Métodos de tratamiento de aguas residuales

Se refiere a todas aquellas operaciones y/o procesos unitarios que tienen como fin mejorar la calidad del agua residual de tal forma que se pueda reducir la carga contaminante presente en ella.

La selección de los procesos de tratamiento de agua residuales o la serie de procesos de tratamiento depende de cierto número de factores, entre los que se incluyen:

- Características del agua residual: DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos.
- Calidad del efluente de salida.
- Coste y disponibilidad de terreno.
- Consideración de futuras ampliaciones o la previsión de límites de calidad de vertido más estrictos.

3.2.4.1. *Pretratamiento*

Puede incluir procesos para eliminar las características indeseables de las aguas residuales provenientes del sistema de recolección. Los pretratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos de mayor y menor diámetro, además del acondicionamiento de las aguas residuales para pasar a un siguiente tratamiento. Los procesos incluyen la remoción de sólidos grandes, trituración, pre-aireación para el control de olores, remoción de grasas y espumas (RAMALHO, 2003, p.91).

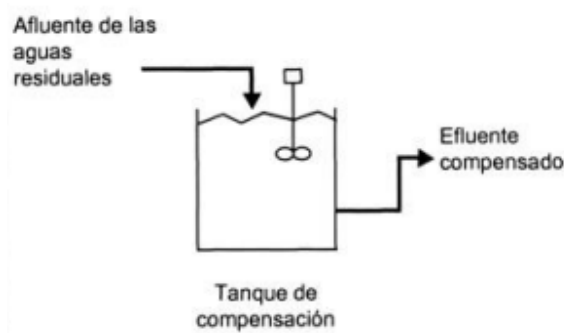


Gráfico 2-3 Sistema de compensación

Fuente: www.bvsde.paho.org

3.2.4.2. *Tratamiento primario*

Incluye la remoción de sólidos fácilmente sedimentables antes del tratamiento biológico o secundario. Es aquel en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y fácilmente sedimentables, además de la materia orgánica del agua residual. Esta operación es realizada por operaciones físicas como la sedimentación, y operaciones químicas como la coagulación y floculación.

3.2.4.2.1. Coagulación y floculación

La coagulación se refiere a todas las reacciones y mecanismos que permiten la agrupación de partículas presentes en el agua. Depende mucho del tipo y cantidad de coagulante añadido. La eficiencia de este proceso se evidencia en la dosis utilizada para el tratamiento y su pH; para su determinación se utiliza la prueba de jarras.

Inicialmente se consideró realizar las pruebas de jarras con sulfato de aluminio. Al realizar pruebas preliminares y ver que no tenían ningún efecto sobre las aguas residuales del laboratorio y que puede dar la formación de otras especies se descartó el tratamiento con este componente. Para el

tratamiento del agua residual del laboratorio se utilizó policloruro de aluminio (PAC); este es considerado uno de las sales poliméricas más efectivas en el tratamiento de aguas tanto potable como residual; además es utilizado como coagulante y floculante.

Tabla 8-3 Comparación de características básicas entre sulfato de aluminio y policloruro de aluminio

Criterio	Sulfato de aluminio	PAC
Temperatura	La temperatura afecta la hidrólisis y, por ende, la producción de complejos hidroxilos cargados positivamente esenciales para la coagulación.	Menor efecto de la temperatura por la presencia de formas de aluminio repolimerizadas
pH	El rango de pH controla cuál especie de hidroxilo de aluminio se produce	Se espera menor impacto del pH por la presencia de formas de aluminio prepolimerizadas
Especie de aluminio	La mayoría de especies de aluminio son complejos hidroxilo, monoméricos con una carga catiónica de +1 a +3.	Presencia de formas de aluminio monoméricas y poliméricas.
Cinética	Más lenta	Más rápida

Fuente: Cogollo Flórez J., 2011.

Para la correcta dosificación de los químicos se realizan ensayos a escala de laboratorio mediante la prueba de jarras en la que nos da como resultado valores óptimos para el tratamiento del agua residual de esta forma nos ayuda a predecir el funcionamiento de los equipos.

Este equipo consta de una serie de vasos con agitadores; el aparato cuenta también con un medidor de rpm (revoluciones por minuto) que nos ayuda a controlar la velocidad de mezclado.

3.2.4.2.2. Sedimentación

En algunos procesos en conocida como clarificación. Consiste en la eliminación de partículas suspendidas, sólidos sedimentables y flóculos químicos formados en el proceso por efecto de la gravedad. Este proceso se realiza de manera simple separando el líquido del sólido por acción de la gravedad.

La sedimentación después de la adición de coagulantes se emplea para remover los sólidos producidos por el tratamiento químico o de procesos anteriores, a este proceso le sigue un proceso de filtración donde los flóculos ligeros van a ser eliminados definitivamente (ROMERO, 2002, p. 141).

Los flóculos sedimentan en sentido opuesto al flujo. Las partículas cuya velocidad de asentamiento es mayor que la del líquido se asientan y se extraen en forma de lodos. La cantidad de reactivo utilizado dependerá del volumen de agua residual que se desea tratar.

En el agua se pueden encontrar dos tipos de partículas: las primeras llamadas discretas, las cuales no cambian su tamaño, forma o peso cuando sedimentan y las segundas son las partículas floculantes y precipitantes que cambian su densidad y el volumen a medida que estas se adhieren unas con otras. De esto se obtiene que existen varios tipos de sedimentación como se indica a continuación:

Tabla 9-3 Tipos de sedimentación

Sedimentación tipo I	Se refiere a la eliminación de las partículas no floculantes o discretas. No se remueven partículas generadas en los procesos de coagulación y floculación, únicamente elimina sedimentos de materias pesados e inertes.
Sedimentación tipo II	Se refiere a la sedimentación de partículas floculantes y precipitantes. Hay que considerar las propiedades de la suspensión al igual que las características de asentamiento de las partículas, es decir, se aplica cuando se ha sometido a un proceso de coagulación y floculación.
Sedimentación zonal	Se refiere a sedimentación de suspensiones de concentración intermedia del material floculante. Presenta un asentamiento interferido a causa de la cercanía entre partículas.
Compresión	Ocurre cuando la concentración aumenta a un valor en que las partículas están en contacto físico unas con otras y el peso de estas lo sostiene parcialmente la masa compactada

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2.4.3. Tratamiento secundario

Este tipo de tratamiento incluye la separación de la materia orgánica suspendida y disuelta principalmente por descomposición microbiana. Se refiere al tratamiento que se le da a el agua por medios biológicos.

3.2.4.4. Tratamiento terciario

Es conocido como tratamiento auxiliar; este tipo de tratamiento es más específico, permite disminuir aquellos componentes del agua residual que no es posible reducir mediante los tratamientos anteriores; se puede notar su eficacia porque reduce la turbidez hasta niveles muy bajos.

3.2.4.4.1. Filtración con medios granulares

La Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (BVSDE) de la Organización Panamericana de la Salud (OPA) en su plataforma de internet (<http://www.bvsde.paho.org>) dice que la filtración que se realiza con medios granulares permite remover sólidos suspendidos mediante filtración física, procesos de adsorción física y química, y descomposición biológica. Los filtros con medios granulares se diferencian de los biológicos principalmente porque filtran partículas más pequeñas ($< 2 \text{ mm}$), lo que le da mayor importancia a la filtración y adsorción como parte del tratamiento.

Los filtros con medios múltiples constan de dos o más medios. Generalmente se coloca un soporte en el fondo del lecho, arena en el medio y un medio adsorbente en la parte superior (BVSDE, 2016).

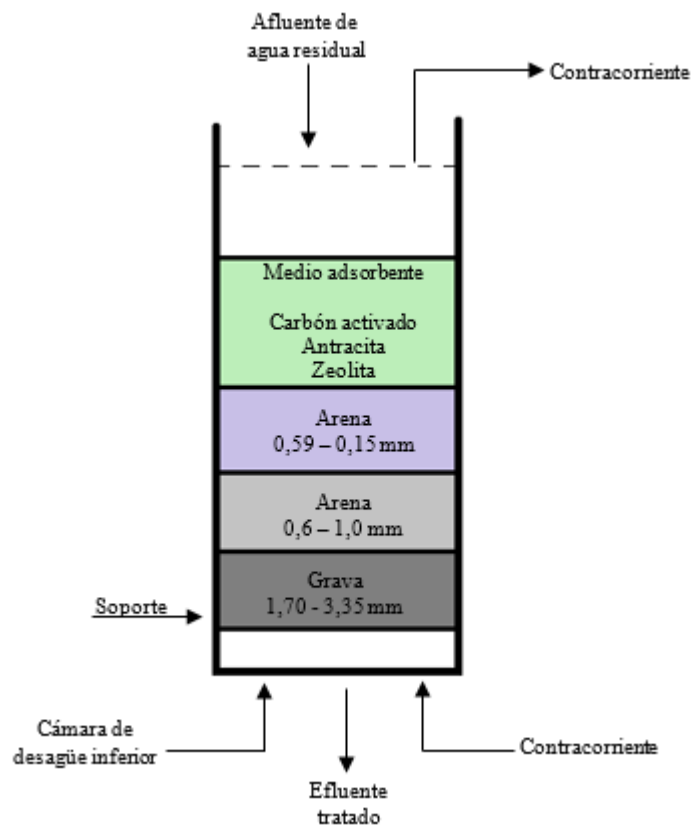


Gráfico 3-3 Diagrama de sistema de filtración con medios múltiples

Fuente: www.bvsde.paho.org

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Para que una filtración sea lo más eficaz posible se necesita que los sólidos presentes en el agua puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en superficie. Por otro lado, hay

que elegir un material filtrante con una granulometría y espesor de lecho tales que el filtrado alcance la calidad deseada.

La mayoría de las partículas son retenidas mecánicamente; si se considera un medio filtrante con diámetro de 0,150 mm, se formará un poro intersticial de alrededor de 20 μ , lo que es aceptable para eliminar sólidos suspendidos que estén presentes en agua bruta o sedimentada. Además, este mismo fenómeno ocurre al interior del lecho granular, llega un momento en que la partícula encuentra un sólido del tamaño del poro y esta no pasa y se queda retenida.

Pese a lo mencionado anteriormente, existen otros mecanismos de transporte y fijación presentes en la filtración. Un mecanismo de transporte dentro del sistema de filtración es cuando las partículas chocan entre sí y contra el material filtrante provocando la formación de flóculos; los mecanismos de fijación como la adsorción física y química están fundamentalmente presentes cuando se utilizan material adsorbente como el carbón activado, antracita o zeolita.

El crecimiento biológico dentro del filtro es algo inevitable y poco a poco irá reduciendo el tamaño del poro que interferirán con la eliminación de partículas.

La velocidad de filtración depende mucho del tamaño del material filtrante y de la resistencia de los sólidos y flóculos que puedan formarse.

Los filtros rápidos a presión son generalmente metálicos y cilíndricos. Pueden lavarse con agua o pueden combinar agua y aire. La capa de material filtrante descansa sobre un soporte de lecho de material de granulometría creciente hacia abajo. La velocidad de lavado del filtro debe ser suficiente para producir una expansión de la altura del lecho filtrante del 15 al 25%. La duración del lavado varía entre los 5 y 8 minutos.

3.2.5. Criterios de diseño

3.2.5.1. Criterios de diseño para el tanque de almacenamiento y agitador

Este es un tanque donde se retiene el agua por un determinado tiempo, hasta que alcanza un volumen determinado e inicia el proceso de ajuste de pH y coagulación. Esto se utiliza generalmente cuando el efluente no es continuo y los caudales son bajos.

Para los procesos de mezclado y coagulación, los agitadores de turbina con seis paletas planas con placas deflectoras son muy utilizados porque ofrece las mejores condiciones para la formación del

coagulo; su diseño resulta muy económico y fácil de construir en comparación con otros tipos de agitadores.

Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento se ocupan las siguientes fórmulas:

- **Volumen del tanque**

$$V_d = V_m + fs_{40\%}$$

Ecuación 1-3

Donde:

V_d: Volumen de diseño del tanque, m³

V_m: Volumen de agua residual semanal máximo producido en el laboratorio, m³

fs: Factor de seguridad (40%)

- **Radio del tanque cilíndrico vertical**

$$r = \frac{Dt}{2}$$

Ecuación 2-3

Donde:

r: Radio del tanque, m

Dt: Diámetro del tanque, m

- **Altura del tanque cilíndrico vertical**

$$V_d = \pi r^2 h_t$$

Ecuación 3-3

Despejando h_t se tiene:

$$h_t = \frac{V_d}{\pi r^2}$$

Ecuación 4-3

Donde:

h_t: Altura del tanque, m

V_d: Volumen de diseño del tanque, m³

r: Radio del tanque, m

A continuación, se indican los criterios para el dimensionamiento del agitador de paletas:

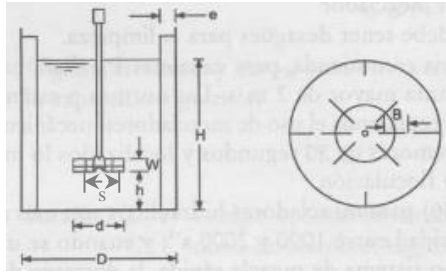


Gráfico 4-3 Dimensiones de un agitador

Fuente: Romero, J., Purificación de agua, 2002, p 64.

Tabla 10-3 Criterios de diseño de un agitador de 6 paletas

Dimensiones del agitador	
d/D_t	0,3 - 0,5
h/D_t	1/3
W/d	1/5
s/d	2/3
e/D_t	1/12
H/D_t	1
B/d	1/4

Fuente: Romero, J., Purificación de agua, 2002, p 64-65.

Donde:

d: Diámetro del agitador

s: Diámetro del sujetador de paletas

h: Altura del rodete sobre el fondo del tanque

B: Longitud de las palas del rodete

W: Ancho de las paletas

e: Ancho de las placas deflectoras

H: Altura del líquido

- **Altura total del tanque**

Ecuación 5-3

$$h_{ta} = h_t + h_s$$

Donde:

h_{ta} : Altura total del tanque agitador, m

h_t : Altura del tanque, m

h_s : Altura de seguridad del tanque agitador, m

Se debe cumplir que H sea menor que h_{ta}

Considerando que el fluido que se desea agitar es agua residual, debido al medio húmedo al que estará expuesto el agitador y su conjunto se precisa utilizar acero inoxidable para todos los componentes del agitador que conformen el interior del tanque ya que este es muy resistente a la corrosión y medios húmedos.

Por otro lado, en la estructura exterior del agitador se puede utilizar acero al carbono previamente galvanizado.

El eje se ubicará en el centro del tanque, por lo tanto, debe contar con deflectores con la finalidad de aumentar la velocidad de agitación y evitar la formación de vórtices alrededor del eje y remolinos.

La selección del motor debe hacerse considerando principalmente su exposición a la intemperie; debe poder trabajar a velocidades medias (100 a 300 rpm) con la finalidad de reducir costos de energía.

- **Consumo de potencia del agitador**

Para conocer el consumo de potencia del agitador utilizamos la siguiente ecuación:

$$P = K_T N^3 d^5 \delta$$

Ecuación 6-3

Donde:

P: Potencia del motor, W

N: Velocidad de rotación, rev/s

K_T : Constante de agitación para impulsor de seis paletas planas, adimensional

δ : Densidad del fluido, kg/m³ (Anexo B)

Los valores de la constante de agitación se toman de la siguiente tabla:

Tabla 11-3 Constantes K_T para el cálculo de potencia, régimen turbulento

Tipo de impulsor	K_T
Turbina seis palas planas	6,3
Turbina de seis palas curvas	4,8
Turbina de ventilador, seis palas	1,65
Turbina cerrada, seis palas curvas	1,08

Fuente: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf

3.2.5.2. Criterios de diseño para el sedimentador

El periodo de diseño tomando en cuenta criterios económicos y técnicos es de mínimo 8 años.

El tiempo de retención será entre 2 y 6 horas si le sigue una unidad de filtración caso contrario se debe extender a periodos de tiempo mínimo de 24 horas; tiempos menores a estos provocaran menor eliminación de sólidos suspendidos.

La profundidad del sedimentador será entre 0,8 – 2,5 m; también puede ser fijada según la experiencia del proyectista o considerando las necesidades de almacenamiento.

En el caso de tratarse de una unidad rectangular, el fondo debe tener una pendiente $> 2\%$ y $< 10\%$ para ayudar con el deslizamiento del lodo. Para sedimentadores circulares estáticos el fondo de la unidad debe ser de forma cónica con pendiente entre 40° y 60° . Este lugar corresponde a la zona de recolección de lodos.

Para procesos de sedimentación discontinua o por cargas, la entrada del afluente puede ubicarse en la parte superior de la unidad.

La recolección del agua clarificada debe ser por la parte superior de la unidad o ubicarse a una altura entre 0,10 y 0,15 m por encima de la zona de recolección de lodos. Debe ubicarse una salida de tubería con diámetro inferior al de la salida de lodos.

La evacuación de los lodos se realizará en forma manual o con ayuda de un servicio de evacuación de lodos una vez alcanzado la capacidad de almacenamiento que corresponde al volumen del cono.

- **Determinación de las dimensiones y el volumen total del sedimentador circular**

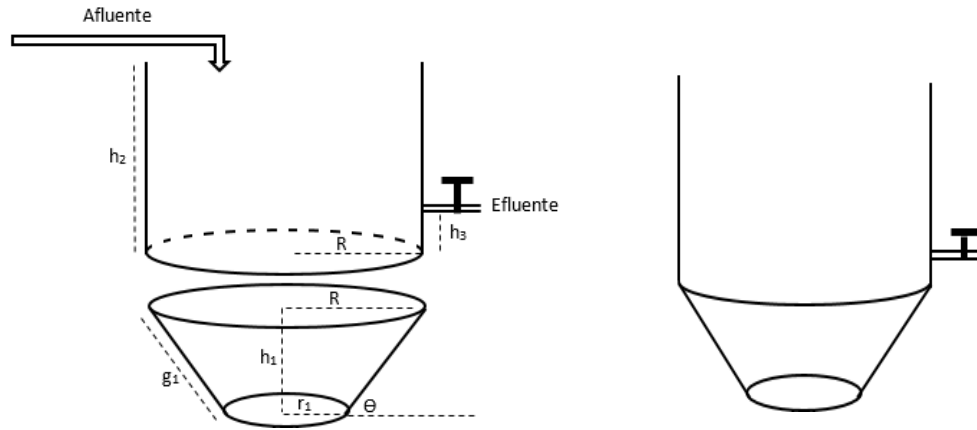


Gráfico 5-3 Dimensiones del sedimentador circular.
Realizado por: CHOEZ J., 2016

- Volumen del cono

$$V_c = \frac{\pi h_1}{3} (R^2 + r_1^2 + Rr_1)$$

Ecuación 7-3

Donde:

V_c : Volumen del cono, m³

h_1 : Altura del cono, m

R : Radio superior del cono; también corresponde al radio del cilindro, m

r_1 : Radio inferior del cono, m

- Pendiente de la zona de recolección de lodos

Es el ángulo que existe entre la horizontal inferior y la generatriz del cono. Se lo conoce como Θ y debe estar entre los 40° y 60°. La pendiente en grados se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = \text{Arctan} \left(\frac{\text{altura}}{\text{base}} \right)$$

Ecuación 8-3

En otras palabras

$$\theta = \text{Arctan} \left(\frac{h_1}{R - r_1} \right)$$

Ecuación 9-3

- Altura del cilindro

$$V_s = \pi R^2 h_2 \quad \text{Ecuación 10-3}$$

Despejamos h_2

$$h_2 = \frac{V_2}{\pi R^2} \quad \text{Ecuación 11-3}$$

Donde:

V_s : Volumen del cilindro, m^3

h_2 : Altura del cilindro, m

R : Radio del cilindro, m

- Volumen total de la unidad de sedimentación

$$V_{sc} = V_s + V_c \quad \text{Ecuación 12-3}$$

Donde:

V_{sc} : Volumen de total del sedimentador circular, m^3

V_c : Volumen del cono, m^3

V_s : Volumen del cilindro, m^3

- Altura de salida del agua clarificada

Es la altura h_3 a la que sale el agua clarificada; debe estar a una altura entre los 0,10 y 0,15 m de la base del cilindro del sedimentador.

3.2.5.3. Criterios de diseño para el sistema de filtración

Para el diseño de un filtro de medios granulares múltiples deben definirse la tasa de carga hidráulica siendo esta lenta (con diámetro de grano de 0,15 a 0,35 mm) o rápida (con diámetro de grano de 0,6 a 2,25 mm) y la carga temporal (continua, intermitente).

Tabla 12-3 Criterios de diseño de un sistema de filtración

Características del lecho y parámetros que debe cumplir	
Periodo de diseño, años	8 – 12
Material	Arena o grava. Antracita, carbón activado, zeolita o cualquier material adsorbente.

Espesor, m	0,15 – 0,8	
Altura, m	1,0 – 1,5	
Borde libre, m	Min 0,2	
Tamaño efectivo, mm	0,6 – 1,3	
Coeficiente de uniformidad	>1,5 y < 2	
Altura de la cámara de drenaje, m	0,15 – 0,4	
Velocidad de filtración, m/h	0,1 – 0,2 (a mayor contaminación del agua afluente menor velocidad de filtración)	
Velocidad de lavado, m/h	Solo agua	50 – 70
	Agua + aire	12 -30
Tiempo de lavado, min	Solo agua	12 -20
	Agua + aire	1 - 5

Realizado por: CHOEZ J., 2016

El ingreso del agua afluente es por la parte superior repartida uniformemente a través de una tubería con orificios.

El borde libre h_b corresponde a la altura desde donde termina el material adsorbente hasta la parte superior del tanque de filtración debe tener una altura mínima 0,2 m.

Se define los diferentes espesores y diámetros de las capas del sistema de filtración; la de material adsorbente se ubicará en la parte superior y su espesor debe ser el doble o mayor de las demás capas de arena y grava siguientes, considerando la altura mínima del tanque de filtración y el borde libre, el diámetro del grano debe ser igual o mayor que el de la capa de soporte. Las capas de arena y grava deben ser ubicadas en orden creciente hacia abajo.

El sistema de drenaje debe ubicarse en la parte inferior del tanque de filtración de modo que permita la recolección o evacuación del agua filtrada.

La entrada del agua para el lavado será por la parte inferior del sistema y su salida por la parte superior.

El sistema puede construirse en acero o cemento.

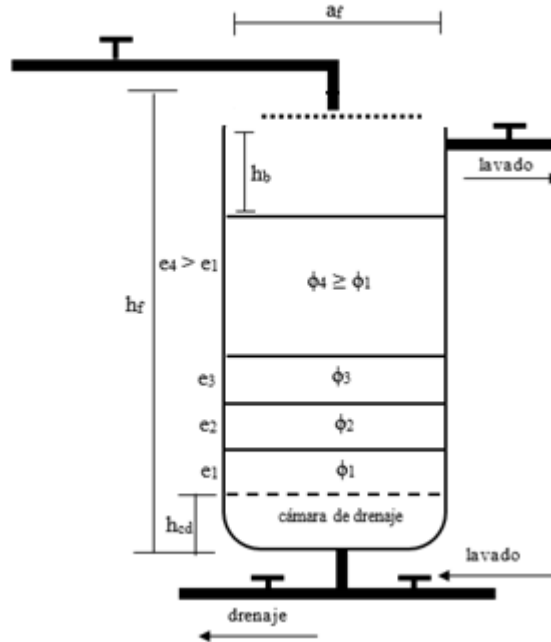


Gráfico 6-3 Dimensiones del sistema de filtración
Realizado por: CHOEZ J., 2016

- **Altura del filtro**

Se define como la suma de todos los espesores de las capas de los medios filtrantes, la cámara de drenaje y el borde libre. Se lo diseña para un factor de seguridad del 10%.

$$h_f = f_{s_{10\%}}(e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + h_{cd} + h_b) \quad \text{Ecuación 13-3}$$

Donde:

h_f = Altura del filtro

e_1, e_2, e_3, e_4 : Espesores de los medios

h_{cd} : Altura de la cámara de drenaje

h_b = Altura del borde libre

- **Ancho del filtro**

Este debe ser menor que la altura del filtro h_f .

3.2.6. Cálculos y resultados

3.2.6.1. Pruebas de tratabilidad

Las pruebas de jarras son pruebas de simulación de procesos que se realizan a escala de laboratorio.

Sirve para determinar el mejor tratamiento físico-químico para un agua potable o residual con el fin de reducir su contenido de sólidos en suspensión, partículas coloidales y otros materiales no sedimentables mediante coagulante, coadyuvante y floculantes.

Para el tratamiento del agua residual del laboratorio de Química Orgánica se realizó pruebas de ajuste de pH con solución de cal de 20 000 ppm en un volumen de agua residual de 100 mL. Este procedimiento consistió añadir la solución de cal para elevar el pH hasta valores y su inmediata agitación para lograr la homogenización.

Las dosis utilizadas en el tratamiento de las 3 muestras se describen a continuación:

Tabla 13-3 Dosis de cal aplicada para ajuste de pH en las muestras.

Muestra	pH _i	Volumen añadido de Cal (L)	pH _r
1	6,01	0,00200	7,05
	6,01	0,00250	7,89
	6,01	0,00275	8,07
	6,01	0,00350	7,9
	6,01	0,00400	6,18
2	7,4	0,00200	8,7
	7,4	0,00250	9,09
	7,4	0,00275	9,01
3	7,23	0,00150	8,87
	7,23	0,00200	9
	7,23	0,00250	9,2
	7,23	0,00275	9,26
	7,23	0,00300	9,18

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Donde:

pH_i: Valor de pH de la muestra inicial.

pH_r: Valor de pH de la muestra después del ajuste con solución de cal.

Para calcular la dosis óptima de cal necesaria para elevar el pH al valor adecuado al que actúa el PAC se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Ecuación 14-3

Donde:

C₁: Concentración de la solución patrón de cal

V₁: Volumen de solución patrón de cal

C₂: Concentración final (dosis óptima de cal)

V₂: Volumen de agua residual

De la ecuación anterior obtendremos que:

$$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2}$$

Ecuación 15-3

Datos:

Concentración de la solución patrón de cal, **C₁** = 20 000 ppm

Volumen de solución patrón de cal, **V₁** = 0,0025 L (Tabla 13-3)

Volumen de agua residual, **V₂** = 0,1 L

$$C_2 = \frac{(20\,000\,ppm)(0,0025\,L)}{(0,1\,L)}$$

$$C_2 = 500\,ppm$$

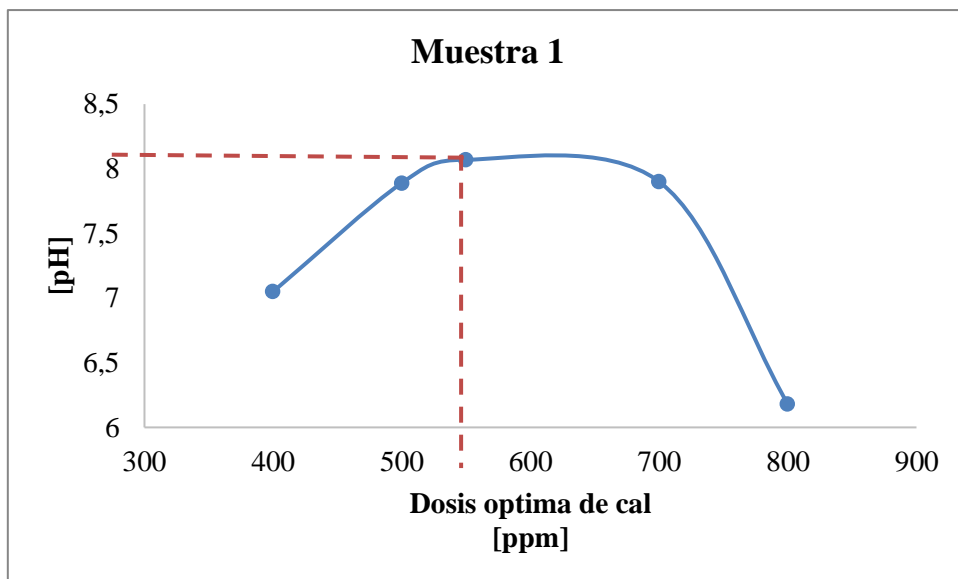


Gráfico 7-3 Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 1
Realizado por: CHOEZ J., 2016

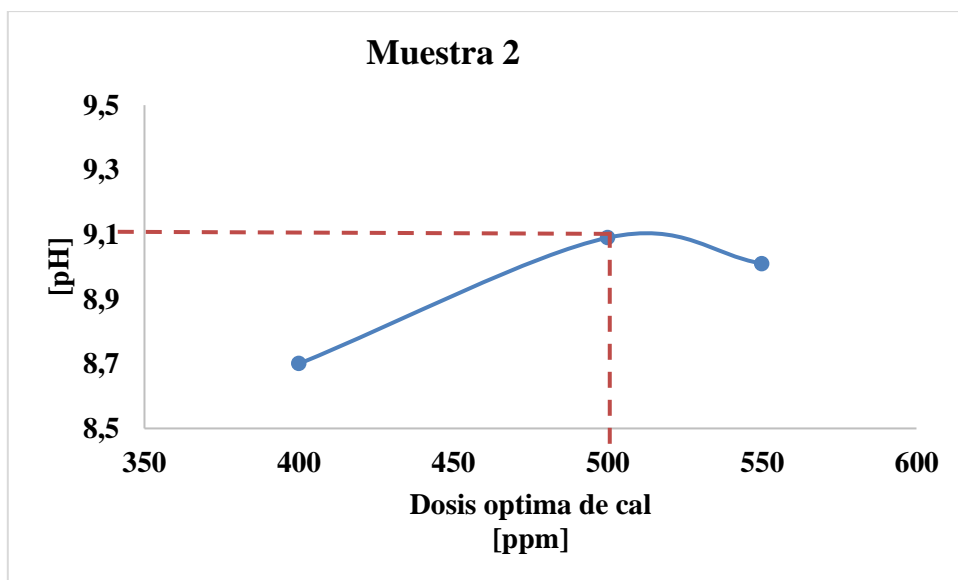


Gráfico 8-3 Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 2
Realizado por: CHOEZ J., 2016

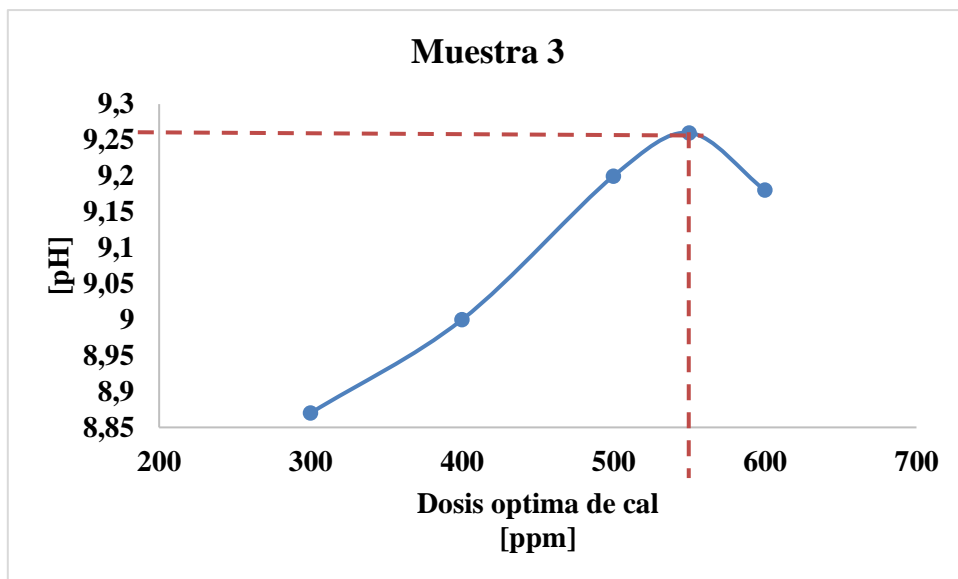


Gráfico 9-3 Determinación de la dosis óptima de cal en la muestra 3
Realizado por: CHOEZ J., 2016

Las dosis óptimas para cal obtenida para la muestra 1 y 3 es de 550 ppm, de igual forma se hace para la muestra 2 obteniéndose un valor de 500 ppm.

Para la coagulación y floculación se añadió diferentes volúmenes de una solución de PAC de 20 000 ppm a un volumen de agua residual de 100 mL y su inmediata agitación hasta lograr la dosificación adecuada para disminuir los parámetros fuera de norma.

Una vez obtenidos los resultados de la prueba jarras se pudo observar que utilizando un volumen de 5 mL de la solución de PAC el valor de los parámetros analizados disminuyó de manera significativa, no siendo el caso de los detergentes.

Tabla 14-3 Dosis de coagulante aplicado en las muestras

Muestra	pH _r	Volumen patrón PAC (L)	pH _t
1	8,01	0,005	7,3
2	9,13		7,1
3	9,25		7,38

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Donde:

pH_r: Valor de pH de la muestra después del ajuste con solución de cal.

pH_t: Valor de pH de la muestra una vez realizado el tratamiento con PAC.

Para calcular la dosis óptima de PAC se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_3V_3 = C_4V_2 \quad \text{Ecuación 16-3}$$

Donde:

C₃: Concentración de la solución patrón de PAC

V₃: Volumen de solución patrón de PAC

C₄: Concentración final (dosis óptima de PAC)

V₂: Volumen de agua residual

De la ecuación anterior obtendremos que:

$$C_4 = \frac{C_3V_3}{V_2} \quad \text{Ecuación 17-3}$$

Datos:

Concentración de la solución patrón de PAC, **C₃** = 20 000 ppm

Volumen de solución patrón de PAC, **V₃** = 0,005 L (Tabla 14-3)

Volumen de agua residual, **V₂** = 0,1 L

$$C_4 = \frac{(20\,000\,ppm)(0,005\,L)}{(0,1\,L)}$$

$$C_4 = 1\,000\,ppm$$

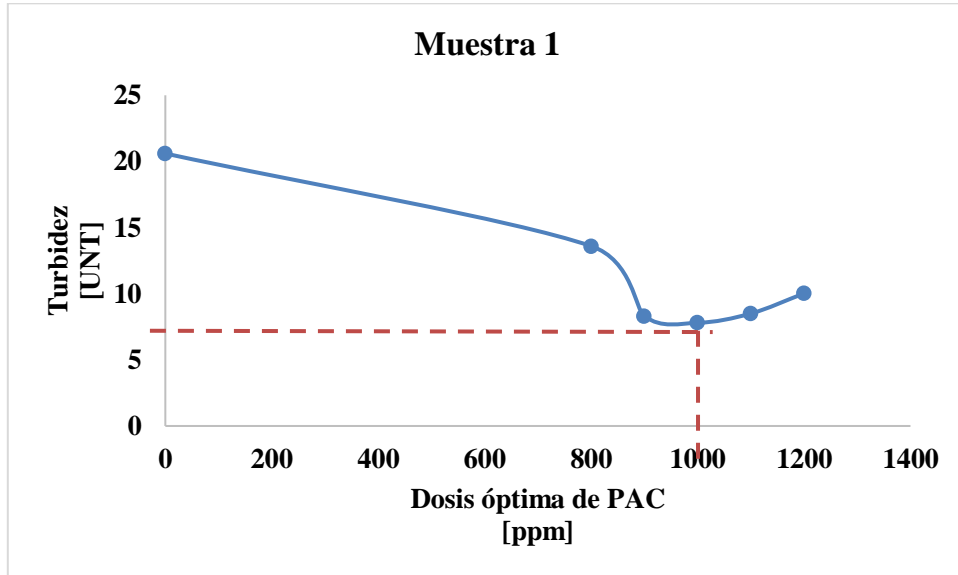


Gráfico 10-3 Determinación de la dosis óptima de PAC en la muestra 1
Realizado por: CHOEZ J., 2016

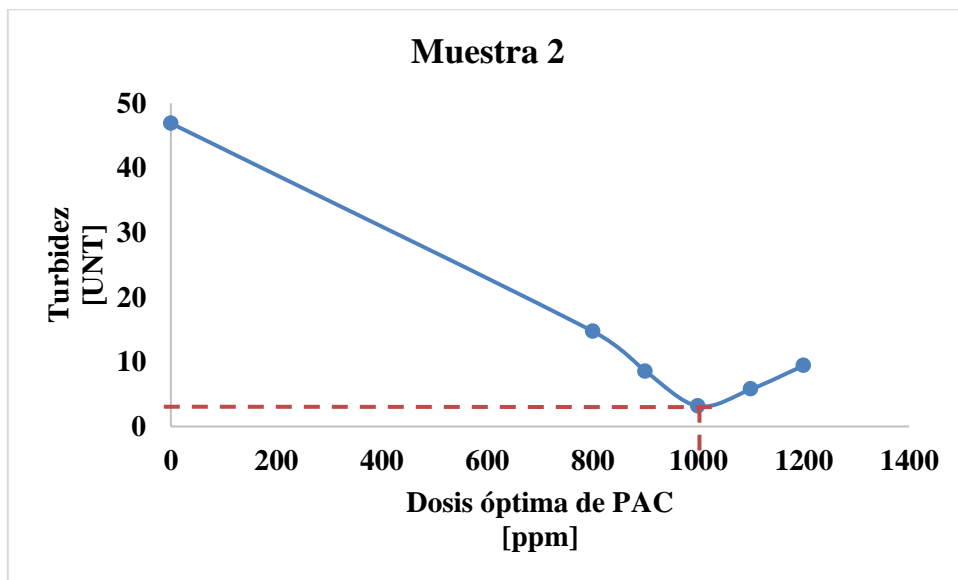


Gráfico 11-3 Determinación de la dosis óptima de PAC en la muestra 2
Realizado por: CHOEZ J., 2016

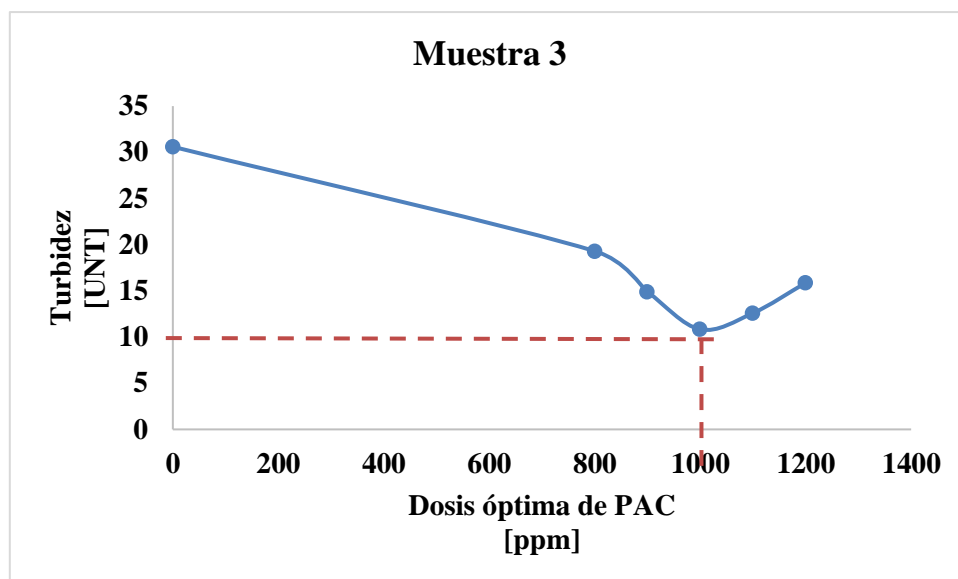


Gráfico 12-3 Determinación de la dosis óptima de cal PAC en la muestra 3
Realizado por: CHOEZ J., 2016

Las dosis óptimas de PAC es 1 000 ppm.

Tabla 15-3 Resultados de la tratabilidad con PAC

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado		
				Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5	0,2	0,2	-----
Color		unit Pt Co	-----	43	127	47
Conductividad		μSiems/cm	-----	1 530	1 340	1 590
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.Os.	mg/L	250	-----		110
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	500	-----	-----	396
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	7,3	7,2	7,39
Sólidos disueltos		mg/L	-----	620	610	603
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	400	117	-----	127
Sulfuros	S	mg/L	1	0,8	0	0
Tensoactivos	SAAM	mg/L	2	2,98	2,67	1,87
Turbidez		UNT	-----	7,8	3,15	10,8

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2.6.2. Sistema de filtración con zeolita

Para poder hacer uso correcto de la zeolita primero debe darse su activación. La activación de la zeolita se realizó de forma química y térmica: la activación química consiste en hacer pasar la zeolita por una solución de NaCl al 10% y se deja escurrir; la activación térmica consiste en llevar la zeolita anteriormente escurrida a una estufa a la temperatura de 100°C por 1 hora.

Los resultados de las pruebas de tratabilidad nos señalan que no se lograron bajar los niveles de detergentes a niveles permisibles; se procedió a pasar el agua proveniente del tratamiento con PAC por un filtro de medios granulares después de lo cual se observó que disminuyó el valor de detergentes como se indica en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3 Resultados de la filtración con zeolita

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado		
				Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tensoactivos	SAAM	mg/L	2	1,52	1,49	1,55

Realizado por: CHOEZ J., 2016

La concentración final de los parámetros después de aplicado el tratamiento nos permite conocer el porcentaje de remoción de los contaminantes que estuvieron presentes en el afluente. Para calcular el porcentaje de remoción de los contaminantes se utiliza la siguiente formula:

$$\%_{Re} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} * 100$$

Ecuación 18-3

Donde:

%_{Re}: Porcentaje de remoción del contaminante

X₁: Concentración en el afluente (antes de dar tratamiento), mg/L

X₂: Concentración en el efluente (después de realizado el tratamiento), mg/L

Por ejemplo, si deseamos conocer el porcentaje de remoción de cloro libre en la muestra 2 el cálculo sería el siguiente:

$$\%_{Re} = \frac{1 - 0,2}{1} * 100$$

$$\%_{Re} = 80,00 \text{ de remoción de cloro}$$

Del mismo modo el porcentaje de remoción para los tensoactivos en la muestra 2 sería:

$$\%_{Re} = \frac{3,52 - 1,49}{3,52} * 100$$

$$\%_{Re} = 57,67 \text{ de remoción de tensoactivos}$$

Tabla 17-3 Porcentajes de remoción para todas las muestras

Parámetros	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3		
	X ₁	X ₂	% Re	X ₁	X ₂	% Re	X ₁	X ₂	% Re
Cloro	1,00	0,20	80,00	1,00	0,20	80,00	0,00	-	-
DBO ₅	38,00	-	-	77,00	-	-	282,00	110,00	60,99
DQO	240,00	-	-	429,00	-	-	820,00	396,00	51,71
Sulfatos	490,00	117,00	76,12	340,00	-	-	440,00	127,00	71,14
Sulfuros	8,00	0,80	90,00	4,80	0,00	100,00	3,20	0,00	100,00
Tensoactivos	3,48	1,52	56,32	3,52	1,49	57,67	2,00	1,55	22,50

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2.6.3. Cálculos para el dimensionamiento del sistema de tratamiento

3.2.6.3.1. Tanque de almacenamiento y agitador

- **Volumen del tanque**

Datos:

Volumen de agua residual semanal máximo producido en el laboratorio, **V_m**= 0,25 m³ (**Tabla 2-1**)

El cálculo se realiza a partir de la **Ecuación 1-3**.

$$V_d = V_m + f s_{40\%}$$

$$V_d = (0,25m^3) + (0,25m^3 \times 0,4)$$

$$V_d = 0,35 \text{ m}^3$$

- **Radio del tanque cilíndrico vertical**

Datos:

Diámetro del tanque, **Dt** = 0,8 m (asumido)

A partir de la **Ecuación 2-3**.

$$r = \frac{Dt}{2}$$

$$r = \frac{0,8 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,4 \text{ m}$$

- **Altura del tanque cilíndrico vertical**

Datos:

Volumen del tanque, **V_d** = 0,35 m³

Radio del tanque, **r** = 0,4 m

Pi, **π** = 3,1416

Se parte de la **Ecuación 3-3**.

$$V_d = \pi r^2 h_t$$

Se despeja **h_t** y se tiene la **Ecuación 4-3**.

$$h_t = \frac{V_d}{\pi r^2}$$

$$h_t = \frac{0,35 \text{ m}^3}{\pi (0,4 \text{ m})^2}$$

$$h_t = 0,7 \text{ m}$$

- **Cálculo para el diseño del agitador de seis paletas planas**

Para los cálculos del diseño del agitador se considera los criterios especificados en la **Tabla 10-3**.

- Diámetro del agitador:

$$\frac{d}{Dt} = 0,5$$

Despejando **d**, se tiene:

$$d = 0,5 \times Dt$$

$$d = 0,5 \times 0,8 \text{ m}$$

$$d = 0,4 \text{ m}$$

- Altura del rodete sobre el fondo del tanque

$$\frac{h}{Dt} = \frac{1}{3}$$

Despejando **h**, se tiene:

$$h = \frac{Dt}{3}$$

$$h = \frac{0,8 \text{ m}}{3}$$

$$h = 0,27 \text{ m}$$

- Ancho de las paletas

$$\frac{W}{d} = \frac{1}{5}$$

Despejando **W**, se tiene:

$$W = \frac{d}{5}$$

$$W = \frac{0,4 \text{ m}}{5}$$

$$W = 0,08 \text{ m}$$

- Diámetro del sujetador de las paletas

$$\frac{s}{d} = \frac{2}{3}$$

Despejando **s**, se tiene:

$$s = \frac{2 d}{3}$$

$$s = \frac{2 \times 0,4 m}{3}$$

$$s = 0,27 m$$

- Ancho de las placas deflectoras

$$\frac{e}{Dt} = \frac{1}{12}$$

Despejando **e**, se tiene:

$$e = \frac{Dt}{12}$$

$$e = \frac{0,8 m}{12}$$

$$e = 0,07 m$$

- Longitud de las palas del rodete

$$\frac{B}{d} = \frac{1}{4}$$

Despejando **B**, se tiene:

$$B = \frac{d}{4}$$

$$B = \frac{0,4 m}{4}$$

$$B = 0,10 m$$

- Altura del líquido

$$\frac{H}{Dt} = 1$$

Despejando **H**, se tiene:

$$H = Dt$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

Dado que la altura del líquido H es mayor que la altura física del tanque h_t , para poder completar su altura hay que agregarle una altura de seguridad $< 0,5 \text{ m}$; para ello se emplea la **Ecuación 5-3** para que se cumpla $H < h_{ta}$.

- **Altura total del tanque**

Entonces tenemos:

$$h_{ta} = h_t + h_s$$

$$h_{ta} = 0,7 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$$

$$h_{ta} = 1 \text{ m}$$

Así $H < h_{ta}$.

- **Cálculo del consumo de potencia**

Datos:

Constante de agitación, $K_T = 6,3$ (adimensional) (**Tabla 11-3**)

Velocidad de rotación, $N = 115 \text{ rev/min} = 1,92 \text{ rev/s}$ (Determinado en la prueba de jarras)

Densidad del fluido (agua), $\delta = 999,1 \text{ Kg/m}^3$ (**Anexo B**)

Diámetro del agitador, $d = 0,4 \text{ m}$

A partir de la **Ecuación 6-3**

$$P = K_T N^3 d^5 \delta$$

$$P = (6,3) \left(1,92 \frac{\text{rev}}{\text{s}}\right)^3 (0,4 \text{ m})^5 \left(999,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$P = 456,20 \frac{\text{Kg m}^2}{\text{s}^3} = 456,20 \text{ W}$$

$$P = 456,20 \text{ W}$$

Si la eficiencia es del 70%, se tiene:

$$P = \frac{456,20 \text{ W}}{0,7}$$

$$P = 651,71 \text{ W}$$

$$P = 651,71 \text{ W} \times \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} = 0,87 \text{ hp}$$

3.2.6.3.2. Sistema de sedimentación

- **Volumen del cono**

Datos:

Radio superior del cono; también corresponde al radio del cilindro en la unidad de sedimentación, **R** = 0,5 m (se asume).

Radio inferior del cono en la unidad de sedimentación, **r₁** = 0,10 m (se asume)

La altura **h₁** puede ser igual a la diferencia entre **R-r₁**; si no se cumple la pendiente de la zona de recolección de lodos se ubicará fuera del rango permitido, entonces **h₁** = 0,4 m.

El cálculo se lo realiza mediante la **Ecuación 7-3**.

$$V_c = \frac{\pi h_1}{3} (R^2 + r_1^2 + Rr_1)$$

$$V_c = \frac{\pi (0,4 \text{ m})}{3} [(0,5 \text{ m})^2 + (0,1 \text{ m})^2 + (0,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})]$$

$$V_c = 0,13 \text{ m}^3$$

- **Pendiente de la zona de lodos**

A partir de la **Ecuación 9-3**.

$$\theta = \text{Arctan} \left(\frac{h_1}{R - r_1} \right)$$

$$\theta = \text{Arctan} \left(\frac{0,4 \text{ m}}{0,5 - 0,1 \text{ m}} \right)$$

$$\theta = 45^\circ$$

Se comprueba que está en el rango de los 40° y 60°

- **Altura del cilindro**

Datos:

$$V_s = \pi R^2 h_2$$

Despejando h_2 , se tiene la **Ecuación 11-3**:

$$h_2 = \frac{V_s}{\pi R^2}$$

$$h_2 = \frac{0,35 \text{ m}^3}{\pi (0,5 \text{ m})^2}$$

$$h_2 = 0,45 \text{ m}$$

- **Volumen total de la unidad de sedimentación**

Datos:

Volumen del cono, $V_1 = 0,13 \text{ m}^3$

Volumen del cilindro; es igual al volumen de diseño del tanque, $V_d = V_s = 0,350 \text{ m}^3$

Con la **Ecuación 12-3**.

$$V_{sc} = V_c + V_s$$

$$V_{sc} = 0,13 \text{ m}^3 + 0,35 \text{ m}^3$$

$$V_{sc} = 0,48 \text{ m}^3$$

- **Altura de la salida del agua clarificada**

Se tomará como valor $h_3 = 0,10 \text{ m}$

3.2.6.3.3. Sistema de filtración

El filtro de medios granulares tendrá forma de cilindro vertical y para el soporte de carga hidráulica rápida se escogen un tamaño de grano de arena o grava de 0,6 a 2,25 mm. La disposición de los medios se hará de la siguiente manera (Ver Gráfico 6-3):

Tabla 18-3 Disposición de los medios filtrantes

Capa	Medio	Diámetro del grano (ϕ , m)	Espesor (e, m)
4	Medio adsorbente (Zeolita)	$\geq 2,25$	0,30
3	Capa de arena	0,6	0,15
2	Capa de grava	0,8	0,15
1	Capa de soporte (grava)	2,25	0,15

Realizado por: CHOEZ J., 2016

- **Altura del filtro**

Datos:Altura del borde libre, $h_b = 0,2$ mCon los espesores de las diferentes capas en la **Tabla 17-3** y a partir de la **Ecuación 13-3**, se tiene:

$$h_f = fs_{10\%}(e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + h_{cd} + h_b)$$

$$h_f = 1,1(0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,2 \text{ m})$$

$$h_f = 1,16 \text{ m}$$

- **Ancho del filtro**

Se toma $a_f = 0,6$ m**3.2.6.4. Resultados del dimensionamiento de los sistemas**

Se obtuvieron los siguientes resultados de dimensionamiento:

Tabla 19-3 Resumen de dimensiones del tanque de almacenamiento y agitador

Parámetro		Valor
Volumen de diseño del tanque	V_d	0,35 m
Diámetro del tanque	D_t	0,8 m
Radio del tanque cilíndrico vertical	R	0,4 m
Altura del tanque cilíndrico vertical	h_t	0,7 m
Diámetro del agitador	D	0,4 m
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	H	0,27 m
Ancho de las paletas	W	0,08 m
Diámetro del sujetador de paletas	S	0,27 m

Ancho de las placas deflectoras	E	0,07 m
Longitud de las palas del rodete	B	0,10 m
Altura del líquido	H	0,8 m
Altura total del tanque	h_{ta}	1 m
Consumo de potencia	P	0,87 hp

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Tabla 20-3 Resumen de dimensiones del tanque de sedimentación

Parámetro		Valor
Volumen del cono (volumen para acumulación de lodos)	V_c	0,13 m ³
Altura del cono	h_1	0,4 m
Radio superior del cono (radio del cilindro en la unidad de sedimentación)	R	0,5 m
Radio inferior del cono	r_1	0,1 m
Pendiente de la zona de lodos	Θ	45°
Altura del cilindro	h_2	0,45 m
Volumen total de la unidad de sedimentación	V_{sc}	0,48 m ³
Altura de salida del agua clarificada	h_3	0,10 m

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Tabla 21-3 Resumen de dimensiones de la unidad de filtración

Parámetro		Valor
Altura del filtro	h_f	1,16 m
Ancho del filtro	a_f	0,6 m
Espesor del medio adsorbente	e_4	0,3 m
Espesor de capa de arena	e_3	0,15 m
Espesor de capa de grava	e_2	0,15 m
Espesor de capa de soporte	e_1	0,15 m
Diámetro de grano del medio adsorbente	ϕ_4	2,25 mm
Diámetro de grano capa de arena	ϕ_3	0,6 mm
Diámetro de grano de capa de grava	ϕ_2	0,8mm
Diámetro de grano de capa de soporte	ϕ_1	2,25 mm
Altura de drenaje	h_{cd}	0,10 m
Altura del borde libre	h_b	0,2 m

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.2.6.5. *Discusión*

La caracterización inicial del agua residual permitió determinar seis parámetros fuera de norma: cloro libre, DBO₅, DQO, sulfatos, sulfuros y tensoactivos (Tabla 7-3).

Al realizar la prueba de jarras en el agua residual con varias dosis de sulfato de aluminio no se produjo la coagulación en proporciones aceptables, debido a ello se consideró la utilización de otro coagulante como es el PAC. Para su óptimo funcionamiento el PAC requería valores de pH altos por lo que primero se debió hacer un ajuste de este con cal ya que las muestras se encontraban con valores entre 6 y 7,5. Se obtuvieron diferentes dosis porque se trabajó con muestras de diferentes características.

Aplicando la dosis de PAC los parámetros fuera de norma disminuyeron hasta niveles permitidos, excepto los detergentes, que, aunque disminuyeron su valor este aún era superior a la norma. Con los resultados obtenidos en la prueba de tratabilidad se determinó que era necesario la implementación de un tratamiento posterior que permitiera disminuir los detergentes. Este tratamiento se realizó en un filtro que contenía como medios granulares zeolita como medio adsorbente; arena y grava como medio filtrante y de soporte. La aplicación de este tratamiento llevó los valores de tensoactivos por debajo del límite establecido en la norma; además, se notó que otros parámetros de importancia en el tratamiento de agua como el color y la turbidez bajaron notablemente, aunque no están considerados en la norma.

Los porcentajes de remoción logrados fueron: 80% de remoción de cloro libre, 90% de remoción de sulfuros, 60,99% de remoción de DBO₅, 51,71% de remoción de DQO, 71,14% de remoción de sulfatos y el 57,67% de remoción de tensoactivos, evidenciando que el sistema propuesto mejora notablemente la calidad del agua que va a ser descargada al sistema de alcantarillado.

En los criterios de diseño de las unidades propuestas refiriéndose a materiales se consideró el acero galvanizado, acero al carbono y cemento, pero, debido a los altos costos que se generarían al construir las unidades en tamaños más pequeños que los usuales, esto a causa del volumen de agua a tratar, se creyó conveniente utilizar unidades prefabricadas que están ligeramente sobredimensionadas y para las que fue menester se volvió a calcular nuevos parámetros de diseño.

Tabla 22-3 Nuevos parámetros de diseño calculados

Parámetro		Valor
Diámetro del tanque	Dt	0,85 m
Radio del tanque cilíndrico vertical	r	0,43 m

Altura del tanque cilíndrico vertical	h_t	0,99 m
Diámetro del agitador	d	0,43 m
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	h	0,28 m
Ancho de las paletas	W	0,09 m
Diámetro del sujetador de paletas	s	0,28 m
Ancho de las placas deflectoras	e	0,07 m
Longitud de las palas del rodete	B	0,11 m

Realizado por: CHOEZ J., 2016

La aplicación de estos tratamientos permitirá cumplir con los parámetros de la norma dando resultados óptimos en el tratamiento de las aguas residuales del laboratorio de Química Orgánica.

3.2.6.6. Conclusiones

- Se diseñó un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias.
- La caracterización físico química del agua residual dio como resultado que existían seis parámetros fuera de norma: cloro libre, sulfuros, DBO_5 , DQO, sulfatos y tensoactivos.
- Las pruebas de tratabilidad nos permitieron determinar que las dosis óptimas para obtener agua con parámetros dentro de los límites permitidos por la normativa ambiental fueron: entre 500 y 550 ppm de cal y para el PAC una dosis de 1 000 ppm.
- El sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del laboratorio de Química Orgánica constará de las siguientes etapas: la primera consiste en un tanque de almacenamiento y agitación, la segunda de un tanque de sedimentación y finalmente un filtro con diferentes medios granulares.
- La validación del sistema propuesto nos indica que se produce una remoción del 87,2% de cloro libre, 93,4% de sulfuros, 69,9% de DBO_5 , 58,22% de DQO, 72,7% de sulfatos y el 64,4% de tensoactivos con lo que se asegura que el sistema cumplirá con los parámetros establecidos por la norma correspondiente.

3.2.6.7. Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de la propuesta de diseño del sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias para que la descarga de sus aguas residuales al sistema de alcantarillado sea dentro de los límites permitidos.

- Implementar un manual de manejo de residuos de laboratorio para que estos sean clasificados previos a su disposición, según lo indicado por la norma correspondiente.
- Debido al valor elevado de tensoactivos en las muestras de aguas residuales se sugiere utilizar menor cantidad de detergente para el lavado de materiales y equipos o a su vez utilizar un detergente que en su fórmula no contenga una cantidad considerable de tensoactivos puesto que este contaminante dificulta la ejecución de cualquier tratamiento.
- Se recomienda que antes de dar inicio a un tratamiento primero se realice la caracterización del agua a tratar tomando en cuenta parámetros como la presencia de sólidos y el pH, esto debido a que cada carga de agua residual para tratamiento tiene parámetros completamente diferentes por la variedad de prácticas realizadas en el laboratorio.
- Supervisar periódicamente todas las unidades del sistema propuesto, durante su operación, especialmente el filtro para evitar la saturación de los medios que lo conforman.
- Monitorear periódicamente el estado del agua tratada para detectar algún mal funcionamiento en las unidades del sistema.
- Los lodos producidos por el tratamiento del agua residual deben ser tratados y desechados de un modo seguro y eficaz para lo que se recomienda se realice la estabilización con cal tipo dolomita para obtener una manejabilidad adecuada de los mismos, impedir la fermentación, disminuir olores, eliminar microorganismos patógenos, conservar los iones metálicos en forma insoluble, y aumentar el contenido de calcio y magnesio que son nutrientes importantes para suelos de uso agrícola.

3.3. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Los principales requerimientos para la realización de este proyecto fueron los necesarios para el análisis físico-químico de las muestras de agua residual:

Tabla 23-3 Principales requerimientos de técnicas y equipos para el proyecto

Determinación	Parámetro	Técnica / Equipo	Método
Físicos	pH	Potenciómetro	STANDARD METHODS 4500 HB
	Sólidos sedimentables	Cono Imhoff	STANDARD METHODS 2540 F
	Sólidos disueltos	Conductímetro	STANDARD METHODS 2540 C
	Sólidos totales	Determinación gravimétrica	STANDARD METHODS 2540 B
	Turbiedad	Nefelómetro	STANDARD METHODS 2130 B
Químicos	Aceites y grasas	Partición gravimétrica	EPA 418.1
	Cloro libre	Espectroscopia UV-Visible	STANDARD METHODS 4500 Cl G mod

	DBO ₅	Incubadora	STANDARD METHODS 5210 B
	DQO	Digestor	STANDARD METHODS 5220 D mod
	Fósforo total	Espectroscopia UV-Visible	STANDARD METHODS 4500 - P-E mod
	Nitrógeno total	Espectroscopia UV-Visible	STANDARD METHODS 4500 HB
	Sulfatos	Espectroscopia UV-Visible	STANDARD METHODS 4500 E mod
	Sulfuros	Espectroscopia UV-Visible	STANDARD METHODS 4500 B
	Tensoactivos	Espectrofotometría	STANDARD METHODS 5540 C mod

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.4. Presupuesto para el diseño del sistema

Los costos de construcción de las diferentes unidades propuestas, así como los de adecuación de los espacios e instalaciones disponibles se detallan a continuación:

Tabla 24-3 Costos de construcción de instalaciones y equipo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares)	VALOR TOTAL (dólares)
TRABAJOS PRELIMINARES				
Limpieza del terreno	m ²	12	\$ 0,80	\$ 9,60
Nivelación del suelo	m ²	12	\$ 3,00	\$ 36,00
Excavación y recolección del material	m ³	10	\$ 12,00	\$ 120,00
ESTRUCTURA Y ALBAÑILERÍA				
Hormigón simple en replantillo $f_c=180 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	5	\$ 3,00	\$ 15,00
Enlucido de piso	m ²	10	\$ 9,30	\$ 93,00
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y AGITACIÓN				
Tanque Rotoplas 450 L	U	1	\$ 109,59	\$ 109,59
Motor del agitador 1hp	U	1	\$ 153,35	\$ 153,35
Agitador de acero	U	1	\$ 85,00	\$ 85,00
SEDIMENTADOR				
Tolva Rotoplas 600 L	U	1	\$ 128,30	\$ 128,30
SISTEMA DE FILTRACIÓN				
Bidón de polietileno 250 L	U	1	\$ 75,14	\$ 75,14
Zeolita	Kg	75	\$ 0,20	\$ 15,00
Arena	m ³	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Grava pequeña	m ³	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Grava grande	m ³	1	\$ 10,00	\$ 10,00
TUBERÍA Y ACCESORIOS				
Tubería Polipropileno 1"	m	20	\$ 3,75	\$ 75,00
Codo Polipropileno 1"	U	9	\$ 2,75	\$ 24,75
T Polipropileno 1"	U	1	\$ 1,95	\$ 1,95
Válvula de bola 1"	U	7	\$ 8,00	\$ 56,00

Bomba 1/2 hp	U	1	\$ 60,00	\$ 60,00
MANO DE OBRA				
Albañil	Personas	2	\$ 250,00	\$ 500,00
Subtotal				\$ 1.587,68
Imprevistos 10%				\$ 158,77
Total				\$ 1.746,45

Realizado por: CHOEZ J., 2016

Tabla 25-3 Costos de reactivos para la tratabilidad

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO Kg (dólares)	Kg utilizado por semana	Costo semanal (dólares)	Costo mensual (dólares)
Cal T 30	Kg	\$ 0,20	0,13	\$ 0,03	\$ 0,12
PAC	Kg	\$ 8,50	0,25	\$ 2,13	\$ 8,52
Total				\$ 2,16	\$ 8,64

Realizado por: CHOEZ J., 2016

3.5. Cronograma de ejecución del proyecto

Actividad	Tiempo																							
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																								
Reconocimiento del funcionamiento del laboratorio																								
Presentación de anteproyecto de trabajo de titulación																								
Caracterización del agua residual																								
Análisis de resultados																								
Elaboración y desarrollo del trabajo de titulación																								
Correcciones de trabajo de titulación																								
Presentación del trabajo final																								
Auditoria académica																								
Defensa del trabajo de titulación																								

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUILAR, M. I.; et al.** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones. 2002.
2. **APHA; AWWA; WPCF**; *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater* 17° ed. Madrid, España: Díaz de Santos. 1980.
3. **ARBOLEDA VALENCIA, J.** *Teoría y práctica de la purificación del agua*. 3° ed. Londres: Mc Graw Hill. 2000.
4. **BVSDE**. Las zeolitas en el tratamiento de aguas. Biblioteca Virtual del Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental [en línea], 2016, [Consulta: 17 de mayo de 2016]. Disponible en: <www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/032752/032752-06.pdf>
5. **CASTILLO URIBE, V.** Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. [en línea] (Tesis)(Ingeniería) [en línea]. Red de Bibliotecas Universidad del BÍO-BÍO. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2013, Chile. [Consulta: junio de 2016] Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf>
6. **COGOLLO, J. F.** “Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio”. *Dyna*, [en línea], 201, Volumen 78, pp.18-27 [Consulta: mayo de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/pdf/496/49622372002.pdf>>
7. **CULQUI, A.** Diseño e implementación de una planta piloto para el tratamiento de efluentes líquidos generados en los laboratorios del Departamento de Metalurgia Extractiva. (Tesis) (Ingeniería) [en línea] Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Quito, Ecuador. [Consulta: junio de 2016] Disponible en: <<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10559/1/CD-6246.pdf>>
8. **INDITEX**. *Filtración en medio granular*. [en línea] Estrategia Global de Gestión del Agua, mayo de 2015. [Consulta: julio de 2016]. Disponible en: <<https://www.wateractionplan.com/documents/186210/186348/INDITEX-FT-TER-001-FILTRACI%C3%93N+EN+ARENA-20150609.pdf/72842aea-5e2c-4603-b73c-7a392330f20b>>

- 9. MONTTOYA GIRALDO, L., & ALAPE OSORIO, G.** Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses sede Bogotá. [en línea] (Tesis) (Ingeniería) Universidad Industrial de Santander, Colombia 2006. [Consulta: agosto de 2016] Disponible en: <<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7579/2/121009.pdf> >
- 10. MUÑOZ CRUZ, A.** Caracterización y tratamiento de aguas residuales. [en línea] (Tesis) (Ingeniería). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2008. [Consulta: agosto 2016] Disponible en: <<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=82B10F93AEE04AAC7EEB5EEA A2628DA4?sequence=1>>
- 11. PEREZ, J. A.** *Tratamiento de aguas. Sedimentación.* [en línea] Universidad Nacional de Colombia, [Consulta: septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf>
- 12. RAMALHO, R. S.** *Tratamiento de aguas residuales.* 2° ed. Quebec, Canadá Reverté S.A. 2003. pp. 145-167
- 13. ROMERO ROJAS, J. A.** *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño.* Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2000.
- 14. ROMERO ROJAS, J. A.** *Calidad del agua.* Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2002. pp. 43-77,98-105.
- 15. ROMERO ROJAS, J. A.** *Purificación del agua.* Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2002. pp. 65-78.
- 16. SEVERICHE SIERRA; et al.** *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas* [en línea]. Cartagena de Indias, Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilazo. 2013. [Consulta: junio de 2016]. Disponible en: <www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- 17. VACA ÁLVAREZ, L. S.** Elaboración del manual para el adecuado manejo de residuos químicos peligrosos en la Facultad de Ciencias Químicas. [en línea] (Tesis) (Ingeniería).

Universidad Central del Ecuador. Quito, Pichincha. Disponible en:
www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/830/1/T-UCE-0008-06.pdf

ANEXOS

ANEXO A TULSMA, Libro VI, Anexo 1, referente a Normas de Recurso Agua, Tabla 9 Límites de descargas al sistema de alcantarillado público.

TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

ANEXO B Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.

Temperatura (° C)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)
0	999,8	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$
5	1000	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$
10	999,7	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$
15	999,1	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$
20	998,2	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$
25	997	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$
30	995,7	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$
40	992,2	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$
50	988	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$
60	983,2	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$
70	977,8	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$
80	971,8	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$
90	965,3	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$
100	958,4	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$

Fuente:<http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/PropiedadesFisicasAgua.htm>

ANEXO D Caracterización de la muestra 2

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora

Fecha de Análisis: 20/05/2016

Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 2 Caracterización)

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,31
Conductividad	μSiemens/cm	2510-B	1 270
Temperatura	°C	2550-B	22,9
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	0,4
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	680
Turbidez	UTN	2130-B	46,9
Color	Und. Pt Co	HACH 125	446
Sulfuros	mg/L	4500 S ²⁻ E	4,8
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	429
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	77
Nitrógeno total	mg/L	HACH 10072	< 0,1
Sulfatos	mg/L	HACH 685	340
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	896
Cloro libre	mg/L	HACH 88	1

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 031 - 16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez

INFORME N°: 031 - 16

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

N° SE: 031 - 16

DIRECCIÓN: Cda. Juan Montalvo

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 - 05 - 16

TELÉFONO: 0997330850

FECHA DE INFORME: 24 - 05 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Laboratorios ESPOCH

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 062 -16

Muestra 2

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 062-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	24	N/A	20 - 05 - 16
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	3,53	N/A	20 - 05 - 16
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod	2,60	N/A	20 - 05 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO E Caracterización de la muestra 3

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora

Fecha de Análisis: 06/06/2016

Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 3 Caracterización)

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,6
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	1 250
Temperatura	°C	2550-B	20,9
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	0,1
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	670
Turbidez	UTN	2130-B	30,6
Color	Und. Pt Co	HACH 125	188
Sulfuros	mg/L	4500 S ² E	3,2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	820
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	282
Nitrógeno total	mg/L	HACH 10072	7
Sulfatos	mg/L	HACH 685	440
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1 128
Cloro libre	mg/L	HACH 88	< 0,1

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 039 - 16



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez

INFORME Nº: 039 - 16

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

Nº SE: 039 - 16

DIRECCIÓN: Cda. Juan Montalvo

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 06 - 16

TELÉFONO: 0997330850

FECHA DE INFORME: 16 - 06 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual, Laboratorios ESPOCH

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 084 - 16 Muestra 3

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 084-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	12	N/A	08 - 06 - 16
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	2,00	N/A	08 - 06 - 16
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod	1,28	N/A	08 - 06 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Master Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.

ANEXO F Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 1

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora
Fecha de Análisis: 19/05/2016
Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 1 Agua tratada)
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico


Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,3
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	1.530
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	620
Turbidez	UTN	2130-B	7,8
Color	Und. Pt Co	HACH 125	43
Sulfuros	mg/L	4500 S ² -E	0,8
Sulfatos	mg/L	HACH 685	117
Cloro libre	mg/L	HACH 88	0,2

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 030 - 16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez INFORME Nº: 030 - 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH Nº SE: 030 - 16
DIRECCIÓN: Cdla. Juan Montalvo
TELÉFONO: 0997330850 FECHA DE RECEPCIÓN: 20 - 05 - 16
FECHA DE INFORME: 24 - 05 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN: MA - 061 - 16 Muestra 1 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 061-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	2,98	N/A	20 - 05 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO G Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 2

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora

Fecha de Análisis: 25/05/2016

Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 2 Agua tratada)

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,2
Conductividad	µSiemens/cm	2510-B	1 340
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	610
Turbidez	UTN	2130-B	3,15
Color	Und. Pt Co	HACH 125	127
Sulfuros	mg/L	4500 S ²⁻ E	< 0.1
Cloro libre	mg/L	HACH 88	0,2

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 033 - 16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez

INFORME Nº: 033 - 16

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

Nº SE: 033 - 16

DIRECCIÓN: Cda. Juan Montalvo

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 - 05 - 16

TELÉFONO: 0997330850

FECHA DE INFORME: 26 - 05 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 064 -16 Muestra 2, Agua tratada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 064-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	2.67	N/A	24 - 05 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO H Resultados de la tratabilidad con PAC de la muestra 3

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora

Fecha de Análisis: 07/06/2016

Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 3 Agua tratada)

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,39
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	1 590
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	603
Turbidez	UTN	2130-B	10,8
Color	Und. Pt Co	HACH 125	47
Sulfuros	mg/L	4500 S ²⁻ E	<0.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	396
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	110
Sulfatos	mg/L	HACH 685	127

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 040 - 16



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez

INFORME Nº: 040 - 16

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

Nº SE: 040 - 16

DIRECCIÓN: Cda. Juan Montaño

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 06 - 16

TELÉFONO: 0997330850

FECHA DE INFORME: 16 - 06 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 085 - 16 Muestra 3, Tratada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 085-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1,87	N/A	08 - 06 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO I Resultados de la filtración de la muestra 1

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora
Fecha de Análisis: 07/06/2016
Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 1 Agua filtrada)
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,7
Conductividad	μSiemens/cm	2510-B	1.730
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	980
Turbidez	UTN	2130-B	1,15
Color	Und. Pt Co	HACH 125	19

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 041 - 16



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez INFORME Nº: 041 - 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH Nº SE: 041 - 16
DIRECCIÓN: Cdla. Juan Montalvo
TELÉFONO: 0997330850 FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 06 - 16
FECHA DE INFORME: 16 - 06 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 086 - 16 Muestra 1, Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 086-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1,52	N/A	08 - 06 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO J Resultados de la filtración de la muestra 2

ESPOCH
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora
Fecha de Análisis: 07/06/2016
Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 2 Agua filtrada)
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7,67
Conductividad	μSiemens/cm	2510-B	1 460
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	740
Turbidez	UTN	2130-B	0,6
Color	Und. Pt Co	HACH 125	28

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 042 - 16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez INFORME Nº: 042 - 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH Nº SE: 042 - 16
DIRECCIÓN: Cda. Juan Montalvo
TELÉFONO: 0997330850 FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 06 - 16
FECHA DE INFORME: 16 - 06 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 087 - 16 Muestra 2, Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 087-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1,49	N/A	08 - 06 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 1

L.S.A. Campus Master Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guarano Bloque Administrativo.

ANEXO K Resultados de la filtración de la muestra 3

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Joshelyn Damaris Choez Zamora
Fecha de Análisis: 08/06/2016
Tipo de muestras: Agua Residual del Laboratorio de Química Orgánica
(Muestra 3 Agua filtrada)
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7.5
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	1 640
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-D	920
Turbidez	UTN	2130-B	1.6
Color	Und. Pt Co	HACH 125	22

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 043 - 16

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Srta. Joshelyn Choez INFORME N°: 043 - 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH N° SE: 043 - 16
DIRECCIÓN: Cda. Juan Montalvo
TELÉFONO: 0997330850
FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 06 - 16
FECHA DE INFORME: 16 - 06 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Tratada, Laboratorios ESPOCH TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN: MA - 088 -16 Muestra 3, Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 088-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1.55	N/A	08 - 06 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.


RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO L Muestra de validación



Laboratorio de Análisis y Evaluación Ambiental

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
Nº OAE LE C 14-009

INFORME DE ENSAYO Nº: 5310

ESPOCH.
Solicitado por: Srta. Joshelyn Choez Zamora.
Dirección: Riobamba.

SAS: 16-402


Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2016/07/14 12:00	Fecha final de Análisis	2016/07/19	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Srta. Joshelyn Choez Zamora	Fecha y Hora	2016/07/13	14:30

Código de Muestra: a 4456
Identificación: Agua Residual, Descarga de Lavaderos, Laboratorio de Química Orgánica -ESPOCH.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Límite Máximo Permisible	Unidad	a 4456	Incertidumbre (K = 2)
*Aceites y Grasas	ITE-AQLAB-13	EPA 418.1, 1664	70,0	mg/L	17	~
Cloro residual	ITE-AQLAB-06	SM 4500 Cl G	0,5	mg/L	1,25	± 24%
Conductividad Eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	**	uS/cm	1580	± 3
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	**	U Pt-Co	577	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	250,0	mg/L	289	~
Demanda química de Oxígeno	ITE-AQLAB-07	HACH 8000	500,0	mg/L	931	± 10%
*Fosforo total	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	15,0	mg/L	1,78	~
*Nitrogeno total	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	60,0	mg/L	12,86	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H B	6 - 9	~	8,25	± 0,05
Sólidos Totales Disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	**	mg/L	740	± 22%
Sólidos totales	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	1 600	mg/L	1786,23	± 24%
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	20,0	mL/L	0,60	~
Sulfatos	ITE-AQLAB-11	SM 4500-SO4= E, EPA 9038	400,0	mg/L	499,45	± 10%
*Sulfuro	ITE-AQLAB-26	HACH 8131	1,0	mg/L	4,75	~
*Temperatura	~	~	< 40	°C	23,6	~
*Detergentes MBAS	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	2	mg/L	3,79	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	HACH 8237	**	UFT	55	~

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.
Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial Nº 097-A 30 Julio 2015.
Tabla 9 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.
** No establecido en la Tabla.



Ing. Armando Meléndez
DIRECTOR TÉCNICO

Francisco de Orellana, 19 de julio de 2016

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohíbida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda, Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqllabec.com - web: www.aqllabec.com Teléfono: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

Página 1 de 1



Laboratorio de Análisis y Evaluación Ambiental

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
Nº OAE LE C 14-009

INFORME DE ENSAYO Nº: 5403

ESPOCH.
Solicitado por: Srta. Joshelyn Choez Zamora.
Dirección: Riobamba.

SAS: 16-501


Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2016/07/20 12:00	Fecha final de Análisis	2016/07/25	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Srta. Joshelyn Choez Zamora	Fecha y Hora	2016/07/19	12:00

Código de Muestra: a 4642
Identificación: Agua Residual Tratada, Descarga de Lavaderos, Laboratorio de Química Orgánica -ESPOCH.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Límite Máximo Permisible	Unidad	a 4642	Incertidumbre (K = 2)
Cloro residual	ITE-AQLAB-06	SM 4500 Cl G	0,5	mg/L	0,16	± 24%
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	250,0	mg/L	87	~
Demanda química de Oxígeno	ITE-AQLAB-07	HACH 8000	500,0	mg/L	389	± 10%
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H B	6 - 9	~	7,42	± 0,05
Sólidos totales	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	1 600	mg/L	270,63	± 24%
Sulfatos	ITE-AQLAB-11	SM 4500-SO4= E, EPA 9038	400,0	mg/L	136,45	± 10%
*Sulfuro	ITE-AQLAB-26	HACH 8131	1,0	mg/L	0,29	~
*Detergentes MBAS	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	2	mg/L	1,35	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	HACH 8237	**	UFT	4	~

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.
Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial Nº 097-A 30 Julio 2015.
Tabla 9 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.
** No establecido en la Tabla.



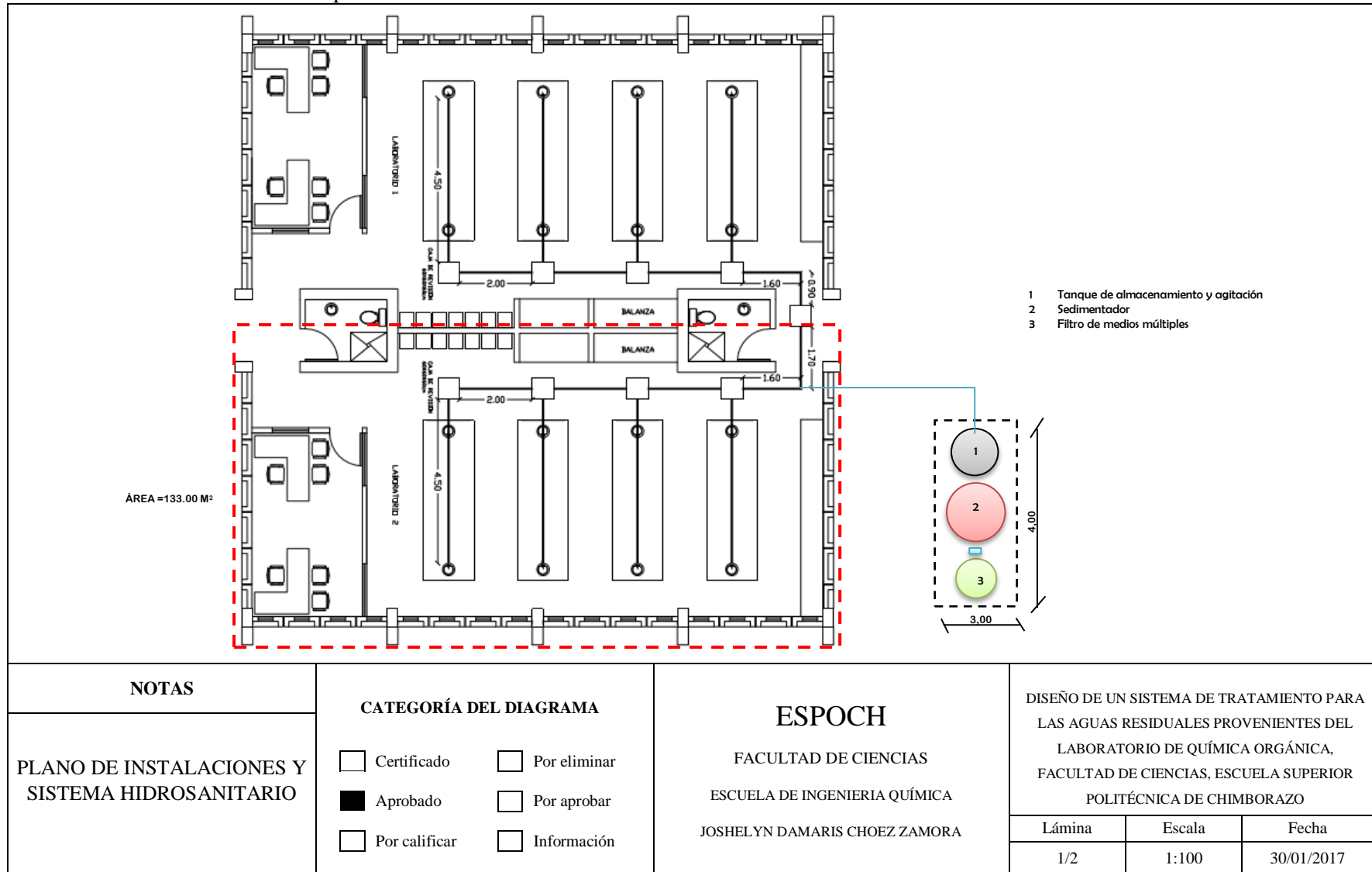
Ing. Armando Meléndez
DIRECTOR TÉCNICO

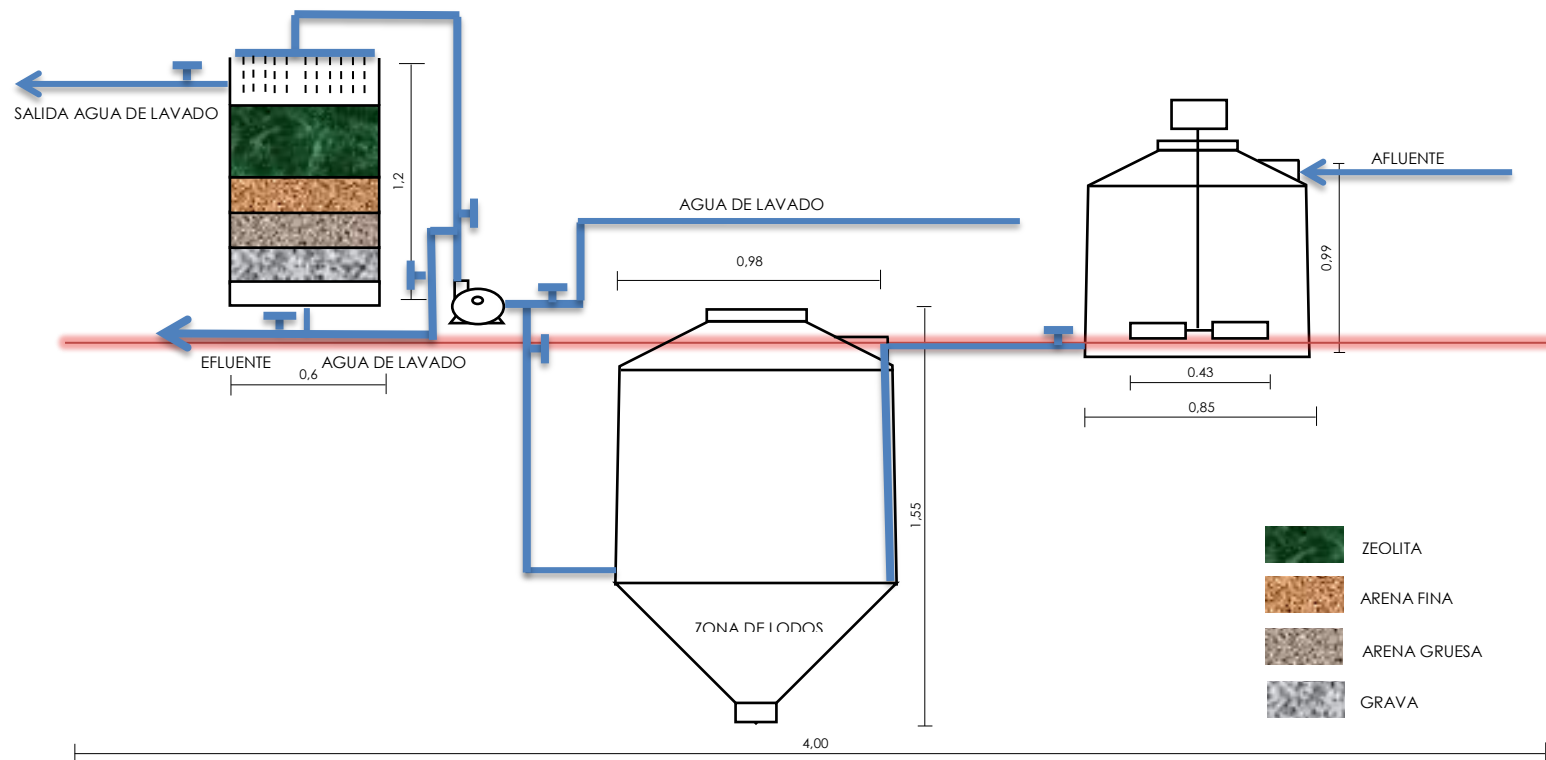
Francisco de Orellana, 25 de julio de 2016

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohíbida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda, Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqllabec.com - web: www.aqllabec.com Teléfono: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

Página 1 de 1

ANEXO M Plano de implantación





NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA, FACULTAD DE CIENCIAS, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA JOSHELYN DAMARIS CHOEZ ZAMORA		
		<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar			
		<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Información			
				Lámina	Escala	Fecha
				2/2	1:100	30/01/2017